

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-062668

(43)Date of publication of application : 05.03.1999

(51)Int.Cl.

F02D 41/14

F02D 41/34

(21)Application number : 09-237876

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 20.08.1997

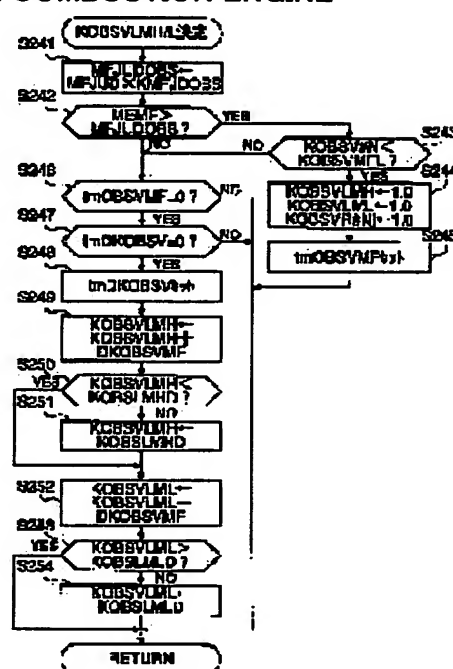
(72)Inventor : SUZUKI NORIO  
SAIKI KOICHI  
MUNAKATA HIROKI

## (54) AIR-FUEL RATIO CONTROL DEVICE FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an air-fuel ratio control device capable of maintaining good controlling performance by properly setting the upper and lower limitations of the air-fuel ratio control amount for each cylinder in which the factor(s) likely to influence the accuracy of the by-cylinder air-fuel ratio presumed by the use of an observer is taken into consideration.

SOLUTION: When the rotational variation amount MEMF of an engine is below the rotational variation threshold MFJUDOB, control is made so that the allowable range decided by the upper and lower limitations KOBVLMH and KOBVLMML of the by-cylinder corrective factor KOBV#N widens gradually (S242, S249, S252). The upper limitation KOBVLMH is controlled to be below the upper limit guard value KOBVLMHD while the lower limitation KOBVLMML is controlled to be over the lower limit guard value KOBVLMMLD (S250, S251, S253, S254), wherein the upper limit guard value KOBVLMHD and the lower limit guard value KOBVLMMLD are set in compliance with the atmospheric pressure PA.



[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

(57) [Claim(s)]

[Claim 1] OBUSABA which observes the internal state based on the model which describes the behavior of said engine's exhaust air system to be the air-fuel ratio detection means formed in an internal combustion engine's exhaust air system is set up. An air-fuel ratio presumption means classified by gas column to presume the air-fuel ratio of each gas column by considering the output of said air-fuel ratio detection means as an input, In the air-fuel ratio control system of the internal combustion engine having an Air Fuel Ratio Control means classified by gas column to compute the amount classified by gas column of Air Fuel Ratio Control for carrying out feedback control of the air-fuel ratio of the gaseous mixture supplied to said each gas column so that the air-fuel ratio of each presumed this gas column may be completed as desired value The air-fuel ratio control system of the internal combustion engine characterized by having a limit processing means to process so that it may enter in the tolerance where a bound value is set up according to either [ at least ] said engine's amount of rotation fluctuation, or atmospheric pressure, and said amount classified by gas column of Air Fuel Ratio Control is decided by said bound value.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] Especially this invention relates to the air-fuel ratio control system which carries out feedback control of the air-fuel ratio of the gaseous mixture supplied to an engine according to a gas column by the feedback control adapting the observer based on modern control theory about an internal combustion engine's air-fuel ratio control system.

[0002]

[Description of the Prior Art] It is prepared in an internal combustion engine's exhaust air system set section, and the air-fuel ratio presumption equipment classified by gas column which presumes the air-fuel ratio according to gas column using an observer is conventionally known based on the output of the air-fuel ratio sensor which generates the output proportional to an air-fuel ratio (for example, JP,6-173755,A). With this equipment, when the presumed air-fuel ratio becomes a value with a predetermined bound value out of range, it has prevented that a presumed air-fuel ratio emits by returning a presumed air-fuel ratio to initial value (value equivalent to A/F14.7).

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, although emission of a presumed air-fuel ratio could be prevented by returning to initial value with the above-mentioned conventional equipment when a presumed air-fuel ratio became out of range [ a predetermined bound value ], there was a problem that converging again took time amount. Moreover, although the rate of flow of exhaust air affects presumption of the air-fuel ratio according to gas column, with the above-mentioned conventional equipment, the condition or air density (atmospheric pressure) of rotation fluctuation of the engine which affects the exhaust air rate of flow are not taken into consideration.

[0004] Moreover, when feedback control of the air-fuel ratio of the gaseous mixture which computes the amount of Air Fuel Ratio Control according to the detected air-fuel ratio, and is supplied to an engine using the amount of Air Fuel Ratio Control is carried out and the amount of Air Fuel Ratio Control exceeds a predetermined bound value, generally setting the amount of Air Fuel Ratio Control as the predetermined bound value is performed. However, the predetermined bound value in this case was a fixed value, and when applied to the feedback control of the air-fuel ratio according to gas column according to an air-fuel ratio according to presumed gas column which described this technique above as it is, depending on the condition and air density (atmospheric pressure) of rotation fluctuation of an engine, said predetermined bound value turned into an unsuitable value, and it had the case where controllability ability was worsened.

[0005] This invention is made in view of the point mentioned above, the bound value of the amount of Air Fuel Ratio Control according to gas column is more appropriately set up in consideration of the factor which affects the precision of the air-fuel ratio according to gas column presumed using an observer, and it aims at offering the air-fuel ratio control system which can maintain good controllability ability.

[0006]

[Means for Solving the Problem] An air-fuel ratio detection means by which this invention was prepared in an internal combustion engine's exhaust air system in order to attain the above-mentioned purpose, An air-fuel ratio presumption means classified by gas column to set up OBUSABA which observes the internal state based on the model which describes the behavior of

said engine's exhaust air system, and to presume the air-fuel ratio of each gas column by considering the output of said air-fuel ratio detection means as an input, In the air-fuel ratio control system of the internal combustion engine having an Air Fuel Ratio Control means classified by gas column to compute the amount classified by gas column of Air Fuel Ratio Control for carrying out feedback control of the air-fuel ratio of the gaseous mixture supplied to said each gas column so that the air-fuel ratio of each presumed this gas column may be completed as desired value A bound value is set up according to either [ at least ] said engine's amount of rotation fluctuation, or atmospheric pressure, and it is characterized by having a limit processing means to process so that it may enter in the tolerance where said amount classified by gas column of Air Fuel Ratio Control is decided by said bound value.

[0007] According to this configuration, based on the output of an air-fuel ratio detection means, the air-fuel ratio of each gas column is presumed. The amount classified by gas column of Air Fuel Ratio Control for carrying out feedback control of the air-fuel ratio of the gaseous mixture supplied to each gas column so that the air-fuel ratio of each presumed this gas column may be completed as desired value is computed. The amount of Air Fuel Ratio Control It is processed so that it may enter in the tolerance decided by the bound value set up according to either [ at least ] an engine's amount of rotation fluctuation, or atmospheric pressure. Consequently, the suitable bound value according to the presumed precision of the air-fuel ratio according to gas column can be set up, and good controllability ability can be maintained.

[0008]

[Embodiment of the Invention] The gestalt of operation of this invention is explained with reference to a drawing below.

[0009] Drawing 1 is drawing showing the configuration of the internal combustion engine (henceforth an "engine") concerning one gestalt of operation of this invention, and its control unit. One is the engine of a 4-cylinder among this drawing.

[0010] The inlet pipe 2 of an engine 1 is open for free passage to the combustion chamber of each gas column of an engine 1 through a tee (inlet manifold) 11. The throttle valve 3 is allotted in the middle of the inlet pipe 2. The sensor 4 is connected with the throttle valve 3 whenever [ throttle valve-opening ] ( $\theta_{TH}$ ), the electrical signal according to  $\theta_{TH}$  is outputted whenever [ throttle valve-opening ], and the electronic control unit (henceforth "ECU") 5 is supplied. The supplementary air path 6 which bypasses a throttle valve 3 is established in the inlet pipe 2, and while being this path 6, the amount control valve 7 of supplementary airs is allotted. The amount control valve 7 of supplementary airs is connected to ECU5, and the amount of valve opening is controlled by ECU5.

[0011] The upstream of the throttle valve 3 of an inlet pipe 2 is equipped with the intake-air temperature (TA) sensor 8, and the detecting signal is supplied to ECU5. The chamber 9 is formed between the throttle valve 3 of an inlet pipe 2, and the inlet manifold 11, and the absolute-pressure (PBA) sensor 10 of inhalation of air is attached in the chamber 9. The detecting signal of the PBA sensor 10 is supplied to ECU5.

[0012] The body of an engine 1 is equipped with the engine water temperature (TW) sensor 13, and the detecting signal is supplied to ECU5. The location sensor 14 is connected to ECU5 whenever [ crank angle / which detects angle of rotation of the crankshaft (not shown) of an engine 1 ], and the signal according to angle of rotation of a crankshaft is supplied to ECU5. The gas column distinction sensor by which the location sensor 14 outputs [ whenever / crank angle ] a signal pulse (henceforth a "CYL signal pulse") whenever [ predetermined crank angle / of the specific gas column of an engine 1 ] in a location, The top dead center at the time of charging-stroke initiation of each gas column It is related with (TDC). Whenever [ front crank angle ] in a location [ whenever / predetermined crank angle ] ((every) a 4-cylinder engine -- 180 crank angles) from the CRK sensor which generates one pulse (henceforth a "CRK signal pulse") a fixed crank angle period (for example, periods of 30 degrees) shorter than the TDC sensor and TDC signal pulse which output a TDC signal pulse -- changing -- a CYL signal pulse -- A TDC signal pulse and a CRK signal pulse are supplied to ECU5. These signal pulses are used for detection of various timing control, such as fuel injection timing and ignition timing, and an engine speed NE.

[0013] The fuel injection valve 12 is formed in the upstream for every gas column for a while, each injection valve is electrically connected to ECU5 while connecting with the fuel pump of the inlet

valve of an inlet manifold 11 which is not illustrated, and fuel injection timing and fuel injection duration (valve-opening time amount) are controlled by the signal from ECU5. The ignition plug (not shown) of an engine 1 is also electrically connected to ECU5, and ignition timing  $\theta_{IG}$  is controlled by ECU5.

[0014] The exhaust pipe 16 is connected to the combustion chamber of an engine 1 through the tee (exhaust manifold) 15. the part to which tees 15 gather to an exhaust pipe 16 -- the broader-based air-fuel ratio sensor (henceforth a "LAF sensor") 17 is immediately formed in the downstream.

Furthermore the directly under three way component catalyst 19 and the under floor three way component catalyst 20 are allotted to the downstream of the LAF sensor 17, and it is equipped with the oxygen density sensor (henceforth "O2 sensor") 18 among these three way component catalysts 19 and 20. Three way component catalysts 19 and 20 purify HC, CO, NOx, etc. in exhaust gas.

[0015] It connects with ECU5 through the low pass filter 22, and the LAF sensor 17 outputs the electrical signal which carried out proportionally [ abbreviation ] to the oxygen density in exhaust gas (air-fuel ratio), and supplies the electrical signal to ECU5. O2 sensor 18 has the property that the output changes rapidly before and after theoretical air fuel ratio, and the output serves as a high level from theoretical air fuel ratio by the rich side, and it serves as a low by the Lean side. O2 sensor 18 is connected to ECU5 through the low pass filter 23, and the detecting signal is supplied to ECU5.

[0016] The exhaust air reflux device 30 is established in the middle of the exhaust air reflux way 31 which connects the chamber 9 and exhaust pipe 16 of an inlet pipe 2, and the exhaust air reflux way 31, detects whenever [ valve-opening / of the exhaust air reflux valve (EGR valve) 32 which controls the amount of exhaust air reflux, and the EGR valve 32 ], and consists of the lift sensor 33 which supplies the detecting signal to ECU5. The EGR valve 32 is a solenoid valve which has a solenoid, and it connects with ECU5, and the solenoid is constituted so that whenever [ valve-opening ] can make it change with the control signals from ECU5.

[0017] An engine 1 has at least the valve timing change-over device 60 of the high-speed valve timing which was suitable for the engine high-speed rotation field in the valve timing of an inlet valve, and the low-speed valve timing suitable for a low-speed rotation field switchable to two steps among an inlet valve and an exhaust valve. He stops one side of the two inlet valves at the time of low-speed valve timing selection, and is trying for a change-over of this valve timing to secure further the combustion stabilized when an air-fuel ratio was Lean-ized from theoretical air fuel ratio the time also including a change-over of the amount of valve lifts.

[0018] The solenoid valve and oil pressure sensor (not shown) which the valve timing change-over device 60 performs a change-over of valve timing through oil pressure, and perform this oil pressure change-over are connected ECU5. The detecting signal of an oil pressure sensor is supplied to ECU5, and ECU5 controls a solenoid valve and performs change-over control of valve timing.

[0019] Moreover, the atmospheric pressure (PA) sensor 21 which detects atmospheric pressure is connected to ECU5, and the detecting signal is supplied to ECU5.

[0020] ECU5 operated orthopedically the input signal wave from the various sensors mentioned above, corrected a voltage level to predetermined level, and is equipped with the input circuit which has the function of changing an analog signal value to a digital signal value, a central-process circuit (a CPU), the store circuit which consists of ROM and RAM which memorizes various maps [ program / operations / various / and ] mentioned later, the result of an operation, etc. performed by this CPU, and the output circuit which output a driving signal to the various solenoid valves and the ignition plug of fuel injection valve 12 grade.

[0021] According to an engine operation condition, ECU5 calculates the fuel injection duration TOUT of a fuel injection valve 12 with the following formula 1, and outputs the signal which drives a fuel injection valve 12 based on this result of an operation while it distinguishes various engine operation conditions according to the output of the LAF sensor 17 and O2 sensor 18, such as a feedback control operating range and an opening control operating range, based on various above-mentioned engine operation parameter signals.

[0022]

[Equation 1]  $TOUT = TIMF \times K_{TOTAL} \times K_{CMDM} \times K_{LAF} \times K_{OBSV} \times N$  drawing 2 is a functional block diagram for explaining the calculation technique of the fuel injection duration TOUT with the above-mentioned formula 1, and explains the outline of the calculation technique of the fuel

injection duration TOUT in the gestalt of this operation with reference to this. In addition, although the fuel amount of supply to an engine is computed as fuel injection duration with the gestalt of this operation, since this corresponds to the fuel quantity injected, it is also calling TOUT fuel oil consumption or fuel quantity.

[0023] In drawing 2, block B1 computes the basic fuel quantity TIMF corresponding to an inhalation air content. Although this basic fuel quantity TIMF is fundamentally set up according to an engine speed NE and the absolute pressure PBA of inhalation of air, it is desirable to perform amendment which modeled the inhalation-of-air system from a throttle valve 3 to the combustion chamber of an engine 1, and took the delay of inhalation air into consideration based on that inhalation-of-air system model. In that case,  $\theta_{TH}$  and atmospheric pressure PA are further used whenever [ throttle valve-opening ] as a detection parameter.

[0024] Block B-2 - B4 are multiplication blocks, carry out the multiplication of the input parameter of a block, and output it. By these blocks, the operation of the above-mentioned formula 1 is performed and fuel oil consumption TOUT is obtained.

[0025] By carrying out the multiplication of all the feedforward system correction factors, such as the purge correction factor KPUG set up according to purge fuel quantity at the time of the purge activation by the EGR correction factor KEGR set up according to the amount of exhaust air reflux during the engine water temperature correction factor KTW set up according to the engine water temperature TW, and exhaust air reflux activation, and the evaporation fuel processing unit, block B9 computes a correction factor KTOTAL, and inputs it into block B-2.

[0026] Block B21 determines the target air-fuel ratio multiplier KCMD according to engine-speed NE, the absolute pressure PBA of inhalation of air, etc., and inputs it into block 22. Since the target air-fuel ratio multiplier KCMD is, are proportional to the inverse number, i.e., fuel-air-ratio F/A, of air-fuel ratio A/F, and a value 1.0 is taken at the time of theoretical air fuel ratio, it is also called target equivalent ratio. Block B22 corrects the target air-fuel ratio multiplier KCMD based on O2 sensor output VMO2 inputted through a low pass filter 23, and inputs it into blocks B18 and B23. Block B23 performs fuel cooling correction according to a KCMD value, computes the policy objective air-fuel ratio multiplier KCMDM, and inputs it into block B3.

[0027] Block B10 samples the LAF sensor output value inputted through a low pass filter 22 for every generating of a CRK signal pulse, carries out the sequential storage of the sampled value at ring buffer memory, chooses the sampled value sampled to the optimal timing according to the engine operation condition (LAF sensor output selection processing), and it inputs it into block B18 through the low pass filter block B16 while inputting into block B11. This LAF sensor output selection processing takes into consideration that the air-fuel ratio which changes depending on the timing of a sampling is correctly undetectable, and that time amount until the exhaust gas discharged from a combustion chamber reaches the LAF sensor 17, and the reaction time of the LAF sensor itself change with engine operation conditions.

[0028] Block B11 has a function as the so-called observer, presumes the air-fuel ratio for every gas column based on the air-fuel ratio of the set section (mixed gas of the exhaust gas discharged from each gas column) detected by the LAF sensor 17, and inputs it into the blocks B12-B15 corresponding to four gas columns. In drawing 2, block B12 corresponds to gas column #1, block B13 corresponds to gas column #2, block B14 corresponds to gas column #3, and block B15 corresponds to gas column #4. The air-fuel ratio (air-fuel ratio which the observer block B12 presumed) of each gas column computes correction factor KOBSV#N classified by gas column (N=1-4) by PID control so that it may be in agreement with a set section air-fuel ratio, and blocks B12-B15 input it into block B5-B8, respectively.

[0029] Block B18 computes the PID correction factor KLAFF by PID control according to the deflection of a detection air-fuel ratio and a target air-fuel ratio, and inputs it into block B4.

[0030] As mentioned above, with the gestalt of this operation, while applying the PID correction factor KLAFF which the output of the LAF sensor 17 responded and was computed by the usual PID control to the above-mentioned formula 1, the fuel oil consumption TOUT for every gas column (N) is computed by applying further correction factor KOBSV#N classified by gas column set up according to the air-fuel ratio of each gas column presumed based on the LAF sensor output to the above-mentioned formula 1. Dispersion in the air-fuel ratio for every gas column can be canceled by

correction factor KOBSV#N classified by gas column, the rate of purification of a catalyst can be raised, and a good exhaust gas property can be acquired in various engine operation conditions.

[0031] With the gestalt of this operation, since data processing by CPU of ECU5 realizes, the function of each block of drawing 2 mentioned above explains the contents of processing concretely with reference to the flow chart of this processing. In addition, in the following explanation, a suffix (k) corresponds to the sampling time in a discrete time system, and (k) etc. corresponds to a value etc. a value and last time this time, respectively (k-1). However, especially (k) that shows a value this time is omitted as long as there is no need.

[0032] Drawing 3 is the flow chart of the processing which computes the PID correction factor KLAFF and the correction factor KOBSV according to gas column according to the output of the LAF sensor 17. This processing is performed for every generating of a TDC signal pulse.

[0033] At step S1, it distinguishes whether it is [ \*\*\*\*\* ] starting mode, i.e., under [ cranking ], and shifts to processing (step S10) of starting mode at the time of starting mode. if it is not starting mode -- calculation (step S2) of the target air-fuel ratio multiplier (target equivalent ratio) KCMD and the policy objective air-fuel ratio multiplier KCMDM, and LAF sensor output selection processing -- carrying out (step S3) -- detection equivalent ratio KACT is calculated (step S4). The detection equivalent ratio KACT changes the output of the LAF sensor 17 into equivalent ratio.

[0034] Subsequently, activity distinction of whether activation of the LAF sensor 17 was completed is performed (step S5). As compared with a predetermined value (for example, 0.4V), this distinguishes the difference of the output voltage and the main electrical potential difference of the LAF sensor 17 as activation was completed when this difference was smaller than a predetermined value.

[0035] Next, an engine operation condition distinguishes whether it is in the operating range (henceforth a "LAF feedback field") which performs feedback control based on the output of the LAF sensor 17 (step S6). When an engine operation condition is in a LAF feedback field, it is set as "1", and the feedback control flag FLAFFB is set as "0", when other. And air-fuel ratio correction factor KOBSV#N classified by gas column and the PID correction factor KLAFF are calculated (steps S7 and S8), and this processing is ended. When it is feedback control flag FLAFFB=1, at step S7, correction factor KOBSV#N classified by gas column is computed by the processing (processing after step S203) of drawing 9 mentioned later, and by step S8, the PID correction factor KLAFF is computed so that the detection equivalent ratio KACT may be in agreement with the target equivalent ratio KCMD with well-known PID control. When it is feedback control flag FLAFFB=0, in step S7, correction factor KOBSV#N classified by gas column is set as "1.0", and is set as the predetermined value determined according to an engine operation condition at step S8.

[0036] Drawing 4 is the flow chart of the LAF feedback field distinction processing in step S6 of drawing 3.

[0037] At step S121, it distinguishes first whether the LAF sensor 17 is in an inactive condition. The flag FFC which shows by "1" that it is [ fuel ] under cut when it is in an active state distinguishes whether it is "1" (step S122), and when it is FFC=0 The flag FWOT which shows by "1" that it is [ throttle-valve ] under full open distinguishes whether it is "1" (step S123), and when it is not FWOT=1 Distinguish (step S124), and when it is VBAT>=VBLOW, whether battery voltage VBAT detected by the sensor which is not illustrated is lower than the predetermined lower limit VBLOW It distinguishes whether there is any gap (LAF census TOIKI gap) of the LAF sensor output corresponding to theoretical air fuel ratio. And when one answer of steps S121-S125 is affirmation (YES), the feedback control flag FLAFFB which shows by "1" that feedback control based on a LAF sensor output can be performed is set as "0" (step S132).

[0038] On the other hand, when all of the answer of steps S121-S125 are negation (NO), it judges with activation of the feedback control based on a LAF sensor output being possible, and the feedback control flag FLAFFB is set as "1" (step S131).

[0039] Next, calculation processing of correction factor KOBSV#N classified by gas column in step S9 of drawing 3 is explained.

[0040] The presumed technique of the air-fuel ratio according to gas column by the observer is explained to the beginning, and the calculation technique of correction factor KOBSV#N classified by gas column according to the air-fuel ratio according to gas column presumed next is explained.



[0041] It considered that the air-fuel ratio of the exhaust air system set section was the weighted average in consideration of the time contribution of the air-fuel ratio of each gas column, and the value at the time of time of day k was expressed like a formula 2. In addition, fuel quantity (F) is written as a control input, and fuel-air-ratio F/A is used with the formula 2.

[0042]

[Equation 2]

$$\begin{aligned} [F/A](k) &= C_1 [F/A \# 1] + C_2 [F/A \# 3] \\ &\quad + C_3 [F/A \# 4] + C_4 [F/A \# 2] \\ [F/A](k+1) &= C_1 [F/A \# 3] + C_2 [F/A \# 4] \\ &\quad + C_3 [F/A \# 2] + C_4 [F/A \# 1] \\ [F/A](k+2) &= C_1 [F/A \# 4] + C_2 [F/A \# 2] \\ &\quad + C_3 [F/A \# 1] + C_4 [F/A \# 3] \end{aligned}$$

That is, although the fuel-air ratio of the set section carried out the multiplication of weight C (40% and a that front are 30%, --, etc. for the gas column which burned immediately before) to the combustion hysteresis of the past for every gas column, it was expressed in total. If a block diagram expresses this model, it will become like drawing 5 and that equation of state will become like a formula 3.

[0043]

[Equation 3]

$$\begin{bmatrix} x(k-2) \\ x(k-1) \\ x(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(k-3) \\ x(k-2) \\ x(k-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(k)$$

Moreover, if the fuel-air ratio of the set section is set with y(k), the method of an output can express an equation like a formula 4.

[0044]

[Equation 4]

$$y(k) = [c_1 \ c_2 \ c_3] \begin{bmatrix} x(k-3) \\ x(k-2) \\ x(k-1) \end{bmatrix} + c_4 \ u(k)$$

ここで、

$$\begin{aligned} c_1 &: 0.05, \ c_2 : 0.15, \ c_3 : 0.30, \\ c_4 &: 0.05 \text{ とする。} \end{aligned}$$

In a formula 4, since it cannot observe, even if u(k) designs an observer from this equation of state, x(k) cannot observe it. Then, if [ assuming that the air-fuel ratio in front of 4TDC (namely, the same gas column) is in the steady operation condition of not changing rapidly ] x(k+1) = x(k-3), a formula 4 will become like a formula 5.

[0045]

[Equation 5]

$$\begin{bmatrix} x(k-2) \\ x(k-1) \\ x(k) \\ x(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(k-3) \\ x(k-2) \\ x(k-1) \\ x(k) \end{bmatrix}$$

$$y(k) = [c_1 \ c_2 \ c_3 \ c_4] \begin{bmatrix} x(k-3) \\ x(k-2) \\ x(k-1) \\ x(k) \end{bmatrix}$$

Thus, it is checked experimentally that the set-up model models the exhaust air system of a 4-cylinder engine well. Therefore, the problem which presumes the air-fuel ratio according to gas column comes back from set section A/F to the problem of the usual Kalman filter that the equation of state shown with a formula 6 and the method of an output observe  $x(k)$  by the formula. If the load matrices  $Q$  and  $R$  are set like a formula 7 and Riccati's equation is solved, the gain matrix  $K$  will become like a formula 8.

[0046]

[Equation 6]

$$\begin{aligned} X(k+1) &= AX(k) + Bu(k) \\ y(k) &= CX(k) + Du(k) \end{aligned}$$

ここで、

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad C = [c_1 \ c_2 \ c_3 \ c_4] \quad B = D = [0]$$

$$X(k) = \begin{bmatrix} x(k-3) \\ x(k-2) \\ x(k-1) \\ x(k) \end{bmatrix}$$

[0047]

[Equation 7]

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad R = [1]$$

[0048]

[Equation 8]

$$K = \begin{bmatrix} -0.3093 \\ 1.1916 \\ 0.3093 \\ 0.0803 \end{bmatrix}$$

In the model of this operation gestalt, since there is no input  $u(k)$  in the configuration of a general observer, as shown in drawing 6, it becomes the configuration which considers  $y(k)$  as an input, and if this is expressed with a formula, it will become like a formula 9.

[0049]

[Equation 9]

$$\begin{aligned}\hat{X}(k+1) &= [A-KC] \hat{X}(k) + K y(k) \\ &= A \hat{X}(k) + K (y(k) - C \hat{X}(k))\end{aligned}$$

$$\hat{X}(k) = \begin{bmatrix} \hat{x}(k-3) \\ \hat{x}(k-2) \\ \hat{x}(k-1) \\ \hat{x}(k) \end{bmatrix}$$

Therefore, the estimate  $\hat{X}(k)$  of this fuel-air ratio according to gas column is computable from the estimate  $\hat{X}(k)$  of set section fuel-air-ratio  $y(k)$  and the past fuel-air ratio according to gas column.

[0050] When computing the fuel-air-ratio  $\hat{X}$  hat classified by gas column (k+1) using the above-mentioned formula 9, although the detection equivalent ratio  $KACT(k)$  is applied,  $C\hat{X}(k)$  and the (weighting aggregate value of the fuel-air ratio according to [ of four ] gas column) do not include delay as set section fuel-air-ratio  $y(k)$  to this detection equivalent ratio  $KACT(k)$  including the response delay of the LAF sensor 17. Therefore, in having used the formula 9, it is the effect of the response delay of the LAF sensor 17, and the fuel-air ratio according to gas column cannot be presumed correctly. When especially the engine speed NE is high, since the recurrence interval of a TDC signal pulse becomes short, the effect of response delay becomes large.

[0051] So, with this operation gestalt, the estimate  $\hat{X}(k+1)$  of the fuel-air ratio according to gas column was computed by computing the estimate  $\hat{y}(k)$  of a set section fuel-air ratio with a formula 10, and applying this to a formula 11.

[0052]

[Equation 10]

$$\hat{y}(k) = DL \hat{y}(k-1) + (1-DL) C \hat{X}(k)$$

[0053]

[Equation 11]

$$\hat{X}(k+1) = A \hat{X}(k) + K (y(k) - \hat{y}(k))$$

In the above-mentioned formula 10, DL is a parameter equivalent to the time constant of the response delay of the LAF sensor 17, and is computed using DL table shown in drawing 7 with this operation gestalt. DL table is set up so that DL value may turn into a value between 1.0 from 0 according to an engine speed NE and the absolute pressure PBA of inhalation of air. In this drawing, PBA(s) 1-3 are 660mmHg, 460mmHg, and 260mmHg, and they compute the detected engine speed NE and the time constant DL according to the absolute pressure PBA of inhalation of air by performing an interpolation operation suitably, for example, respectively. In addition, it is checked experimentally that the value of a time constant DL has the optimal value equivalent to time amount later about 20% than the value equivalent to an actual response time delay. Moreover, since change of as opposed to change of the absolute pressure PBA of inhalation of air in a time constant DL is small, you may make it choose the average value of the value of the time constant DL corresponding to PBA1, PBA2, and PBA3 only according to an engine speed NE, for example so that clearly from drawing 7.

[0054] In addition, in formulas 10 and 11, all the values of a component ( $\hat{x}(k-3)$ ,  $\hat{x}(k-2)$ ,  $\hat{x}(k-1)$ ,  $\hat{x}(k)$ ) make the initial vector of  $\hat{X}(k)$  the vector of the detection equivalent ratio  $KACT$ , and also let initial value of  $\hat{y}(k-1)$  be the detection equivalent ratio  $KACT$  in a formula 10.

[0055] Thus, by using the formula 11 which transposed  $C\hat{X}(k)$  in a formula 9 to the estimate  $\hat{y}(k)$  of a set section fuel-air ratio including the response delay of a LAF sensor, the response delay of a LAF sensor can be compensated appropriately and the exact air-fuel ratio according to gas column can be presumed. In addition, presumed equivalent ratio  $KACT\#1(k)$  -  $KACT\#4(k)$  of each gas column in the explanation which is the following is equivalent to  $\hat{x}(k)$ , respectively.

[0056] Next, the technique of computing correction factor  $KOBSV\#N$  classified by gas column based on the presumed air-fuel ratio according to gas column is explained with reference to drawing 8.

[0057] First, as shown in a formula 12, the desired value KCMDOBSV as equivalent ratio corresponding to target A/F (k) is computed by doing the division of the detection equivalent ratio KACT corresponding to set section A/F with the last operation value of the average of correction factor KOBSV#N classified by gas column of all gas columns. # The gas column exception of a 1 cylinder, calculate correction factor KOBSV#1 by PID control so that deflection DKACT#1(k) (=KACT#1(k)-KCMDOBSV (k)) with the desired value KCMDOBSV (presumed equivalent ratio KACT#1(k) of k) and # 1 cylinder) may be set to 0.

[0058]

[Equation 12]

$$KCMDOBSV(k) = \frac{KACT(k)}{\sum_{N=1}^4 KOBSV\#N(k-1) / 4}$$

Proportional KPOB#1, integral term KIOB#1, and differential term KDOB#1 are calculated with a formula 13, and, more specifically, correction factor KOBSV#1 is further computed a gas column exception with a formula 14.

[0059]

[Equation 13] KPOB#1(k) =KPOBSVxDKACT#1 (k)

KIOB#1(k) =KIOBSVxDKACT#1(k)+KIOBS#1 (k-1)

KDOB#1(k) =KDOBSVx (DKACT#1(k)-DKACT#1 (k-1))

[0060]

[Equation 14] KOBSV#1(k)=KPOB#1(k)+KIOB#1(k)+KDOB#1(k)

# Perform an operation with the same said of 2 - # 4-cylinder, and compute KOBSV#2-#4.

[0061] Thereby, since the air-fuel ratio of each gas column is converged on a set section air-fuel ratio and a set section air-fuel ratio is converged on a target air-fuel ratio with the PID correction factor KLAF, the air-fuel ratio of all gas columns can be completed as a target air-fuel ratio as a result.

[0062] Furthermore, correction factor study value KOBSVR#N classified by gas column which is the study value of this correction factor KOBSV#N classified by gas column is memorized to RAM which computed for every operating range and was backed up by the following formula with the dc-battery.

[0063]

[Equation 15] KOBSVR#j=CRxKOBSV#N+(1-CR) xKOBSVR#Nj -- KOBSVR#Nj of the operating-range parameter (j=1-3) determined that j will mention later here according to the absolute pressure PBA of inhalation of air, the weighting factor with which CR is set as the value between 0 and 1, and the right-hand side is the last study value.

[0064] Drawing 9 is the flow chart of the correction factor KOBSV#N calculation processing classified by gas column in step S7 of drawing 3 (Maine).

[0065] First, at step S201, the feedback control flag FLAFFB distinguishes whether it is "1", it is FLAFFB=0, and when there is nothing to a LAF feedback field, correction factor KOBSV#N classified by gas column is set as "1.0" (step S202), initialization processing of step S226 is performed, and this processing is ended. while setting all (k-1) of x hats (k-3) of said formulas 10 and 11, x hats (k-2), x hats (k-1), x hats (k), and y hat of a formula 10 as the detection equivalent ratio KACT at step S226 -- DKACT#N of a formula 13 -- "0" -- moreover, initialization processing which sets KIOB#N of a formula 13 as correction factor KOBSV#N classified by gas column is performed.

[0066] When it is FLAFFB=1 at step S201, a operating range is distinguished according to the absolute pressure PBA of inhalation of air (refer to steps S203-S207 and drawing 14 ). Namely, when it is the low loading field where the absolute pressure PBA of inhalation of air is lower than the 1st place constant pressure PBOBRF 1 The operating-range parameter j is set as "1" (steps S203 and S205). The absolute pressure PBA of inhalation of air by the one or more 1st place constant pressures PBOBRF And when it is an inside load field lower than the 2nd place constant pressure PBOBRF 2 higher than the 1st place constant pressure PBOBRF 1 The operating-range parameter j is set as "2" (steps S203, S204, and S206), and when the absolute pressure PBA of inhalation of air is a two or more 2nd place constant pressures [ PBOBRF ] heavy load field, the operating-range parameter j is set as "3" (steps S203, S204, and S207).

[0067] At continuing step S208, KOBSVLMH/L decision processing ( drawing 10 ) is performed and the upper limit KOBSVLMH and lower limit KOBSVLMH of correction factor KOBSV#N classified by gas column are determined. And an engine speed NE is the predetermined bound values NOBSVH and NOBSVL (for example, 4000 rpm, respectively). \*\* is distinguished [ whether whether it being within the limits of 1000rpm and the absolute pressure PBA of inhalation of air are within the limits of the predetermined bound values PBOBSVH and PBOBSVL (for example, respectively 760mmHg(s), 200mmHg), and ] (refer to step S209 and drawing 14 ). NE<=NOBSVL, Or when it is NE>=NOBSVH, PBA<=PBOBSVL, or PBA>=PBOBSVH Correction factor KOBSV#N classified by gas column is set as study value KOBSVR#Nj corresponding to a operating range at that time (step S221), and limit processing of correction factor KOBSV#N classified by gas column is performed (steps S222-S225). That is, when it considers as KOBSV#N=KOBSVLMH when correction factor KOBSV#N classified by gas column is larger than a upper limit KOBSVLMH (steps S222 and S225), it considers as KOBSV#N=KOBSVLMH when smaller than a lower limit KOBSVLMH (steps S223 and S224), and it is within the limits of a bound value, it progresses to said step S226 as it is.

[0068] When the answer of step S209 is affirmation (YES), it distinguishes whether the feedback control flag FLAFFB was "1" at the time of the last activation of this processing (step S210), and when it is last FLAFFB=0, it progresses to said step S221, and initializing is performed. When it is FLAFFB=1 also last time, KOBSV#N calculation processing (factice) of drawing 11 and KOBSVR#N calculation processing of drawing 12 are performed (steps S211 and S212), and this processing is ended.

[0069] Drawing 10 is the flow chart of the KOBSVLMH/L decision processing in step S208 of drawing 9 .

[0070] At step S241, the rotation fluctuation threshold MFJUDOBS is computed with the following formula 16.

[0071]

[Equation 16]

$MFJUDOBS = MFJUD \times KMFJDOBS$  -- here, MFJUD is the basic value of the rotation fluctuation threshold computed by searching the MFJUD map set up according to an engine speed NE and the absolute pressure PBA of inhalation of air, and the MFJUD map is set [ , so that an engine speed NE increases, and ] up so that the absolute pressure PBA of inhalation of air increases, and the basic value MFJUD may decrease. Moreover, KMFJDOBS is the correction factor of a rotation fluctuation threshold, and this correction factor KMFJDOBS is computed by searching the KMFJDOBS table set up according to the absolute pressure PBA of inhalation of air. The KMFJDOBS table is set [ as shown in drawing 15 (a), ] up so that the absolute pressure PBA of inhalation of air increases, and a correction factor KMFJDOBS may decrease.

[0072] At continuing step S242, it distinguishes whether the detected amount MEMF of engine rotation fluctuation is larger than the threshold MFJUDOBS computed at step S241. When this time value of the time amount (namely, amount proportional to 1/NE) taken for an engine crankshaft to carry out fixed include-angle (for example, 30 degrees) rotation here is set to ME (k), the amount MEMF of rotation fluctuation is a parameter defined by the following formula.

[0073]  $MEMF = ME(k) - ME(k-1)$

When the amount MEMF of rotation fluctuation is larger than a threshold MFJUDOBS It distinguishes whether correction factor KOBSV#N classified by gas column of the gas column (henceforth a "this time gas column") set as the object of an operation this time is smaller than the Lean side predetermined value KOBSVMFL (for example, 0.96) (step S243). When it is KOBSV#N<KOBSVMFL and the value of correction factor KOBSV#N classified by gas column inclines toward the Lean side All (j=1-3) of a upper limit KOBSVLMH, a lower limit KOBSVLMH, and study value KOBSVR#Nj are set as "1.0" (step S244). Predetermined time TOBSVMF (for example, 3 minutes) is made to set and start the down count timer tmOBSVMF (step S245), and this processing is ended.

[0074] By steps S242-S244, when correction factor KOBSV#N classified by gas column of a gas column inclines toward the Lean side greatly and this time, engine rotation fluctuation Since all of the bound values KBOSVLMH and KOBSVLMH and study value KOBSVR#Nj are set to "1.0"

Correction factor KOBSV#N classified by gas column is also set as "1.0" (non-correction value) by processing of steps S278-S283 of drawing 11 mentioned later, and the increment in the rotation fluctuation by the air-fuel ratio of a specific gas column being Lean-ized too much can be prevented. [0075] The answer of steps S242 or S243 is negation (NO), i.e.,  $MEMF \leq MFJUDOBS$ , and even if it is amount  $MEMF > MFJUDOBS$  of rotation fluctuation when the amount of rotation fluctuation is small or, the value of the timer  $tmOBSVMF$  started at step S245 when correction factor KOBSV#N classified by gas column was larger than the Lean side predetermined value KOBSVMFL distinguishes whether it is "0." And  $tmOBSVMF > 0$ , this processing is ended immediately and it is set to  $tmOBSVMF = 0$ , and when a negative (NO) condition continues [ the answer of steps S242 or S243 ] beyond the predetermined time TOBSVMF, the value of the down count timer  $tmDKOBSV$  started at the following step S248 distinguishes whether it is "0" (step S247).  $tmDKOBSV > 0$ , while being 0, when this processing is ended immediately and it is set to  $tmDKOBSV = 0$ , predetermined time TDKOBSV (for example, 10 seconds) is made to set and start Timer  $tmDKOBSV$  (step S248).

[0076] Subsequently, an upper limit KOBSVLMH is updated by adding the predetermined value DKOBSVMF (for example, 0.001) (step S249), and it distinguishes whether it is smaller than the upper limit guard value KOBSLMHD to which the this updated upper limit KOBSVLMH is set according to atmospheric pressure PA (step S250). And when it is  $KOBSVLMH < KOBSLMHD$ , when it is  $KOBSVLMH \geq KOBSLMHD$  again, immediately, an upper limit KOBSVLMH is set as the upper limit guard value KOBSLMHD (step S251), and it progresses to step S252.

[0077] At step S252, a lower limit KOBSVLML is updated by subtracting the predetermined value DKOBSVMF, and it distinguishes whether it is larger than the minimum guard value KOBSLMLD to which the this updated lower limit KOBSVLML is set according to atmospheric pressure PA (step S253). And when it is  $KOBSVLML > KOBSLMLD$ , when it is  $KOBSVLML \leq KOBSLMLD$  again, immediately, a lower limit KOBSVLML is set as the minimum guard value KOBSLMLD (step S254), and this processing is ended.

[0078] Here, the upper limit guard value KOBSLMHD and the minimum guard value KOBSLMLD are determined in the guard value calculation processing (processing by which processing which synchronized with the TDC signal pulse is not performed and which is performed in the so-called background) shown in drawing 13 by searching the guard value table shown in drawing 15 (b) according to an atmospheric pressure PA. The guard value table is set up so that the upper limit guard value KOBSLMHD may decrease, so that atmospheric pressure PA falls, and the minimum guard value KOBSLMLD may increase, namely, so that the tolerance of the bound values KOBSVLMH and KOBSVLML may become narrow. in drawing 15 (b), the predetermined values KOBSLMHD1 and KOBSLMHD2 are set, for example as 1.02 and 1.05, respectively -- having -- the predetermined values KOBSLMLD1 and KOBSLMLD2 -- respectively -- 0. -- it is set as 98 and 0.95.

[0079] Step S By 248 or less processing, the increment of an upper limit KOBSVLMH and the decrement of a lower limit KOBSVLML are performed for every predetermined time TDKOBSV, and the tolerance of correction factor KOBSV#N classified by gas column is expanded gradually. And if the amount MEMF of rotation fluctuation exceeds a threshold MFJUDOBS and correction factor KOBSV#N classified by gas column of a gas column becomes smaller than the Lean side predetermined value KOBSVMFL by processing of steps S242-S244 this time, both the bound values KOBSVLMH and KOBSVLML will be returned to "1.0."

[0080] Drawing 11 is the flow chart of the KOBSV#N calculation processing (factice) in step S211 of drawing 9.

[0081] First, at step S271, the air-fuel ratio according to gas column is presumed by the technique mentioned above (calculation of presumed equivalent ratio KACT#N), and, subsequently proportional KPOB#N, integral term KIOB#N, and differential term KDOB#N of the feedback control of air-fuel ratio according to gas column are computed with said formula 13 (step S272). Limit processing of integral term KIOB#N is performed at continuing steps S273-S276. That is, when it is set as the upper limit KOBSVLMH when integral term KIOB#N is larger than an upper limit KOBSVLMH, it progresses to step (steps S273 and S274) S283, it is set as the lower limit KOBSVLML when integral term KIOB#N is smaller than a lower limit KOBSVLML, and it

progresses to step (steps S275 and S276) S281 and integral term KIOB#N is within the limits of the bound values KOBSVLMH and KOBSVLML, it progresses to step S277.

[0082] In step S277, correction factor KOBSV#N classified by gas column of a gas column is computed with said formula 14 this time, and limit processing of correction factor KOBSV#N classified by gas column is performed at continuing steps S278-S283. Namely, when correction factor KOBSV#N classified by 1 gas column is larger than a upper limit KOBSVLMH integral term KIOB#N -- last time -- value KIOB#N (k-1) -- returning (step S282) -- Correction factor KOBSV#N classified by gas column is set as a upper limit KOBSVLMH (step S283). When correction factor KOBSV#N classified by 2 gas columns is smaller than a lower limit KOBSVLML integral term KIOB#N -- last time -- value KIOB#N (k-1) -- returning (step S280) -- When correction factor KOBSV#N classified by gas column is set as a upper limit KOBSVLML (step S281) and correction factor KOBSV#N classified by 3 gas columns is within the limits of the bound values KOBSVLMH and KOBSVLML, this processing is ended as it is.

[0083] While correction factor KOBSV#N classified by gas column is computed according to presumed equivalent ratio KACT#N classified by gas column according to processing of drawing 11, limit processing of correction factor KOBSV#N classified by gas column and integral term KIOB#N which were computed is carried out so that it may enter within the limits of the bound values KOBSVLMH and KOBSVLML.

[0084] Drawing 12 is the flow chart of the correction factor study value KOBSVR#Nj calculation processing classified by gas column in step S212 of drawing 9.

[0085] In this drawing, at step S401, it distinguishes whether predetermined time progress was carried out from this feedback control initiation point in time classified by gas column (at the shift time [ The execution condition of the feedback control according to gas column ] to the condition [ condition / abortive ] of execution condition formation), this processing is immediately ended before progress, and after progress progresses to step S402. At step S402, equivalent ratio deflection DKACTOB#N which is the deflection of the detection equivalent ratio KACT (k) and equivalent ratio KACT#N classified by presumed gas column (k) is computed by the following type.

[0086]  $DKACTOB\#N = KACT(k) - KACT\#N(k)$

And this processing is ended, without absolute value  $|DKACTOB\#N|$  of equivalent ratio deflection distinguishing whether it is below the predetermined deflection DKOBRFLM (step S403), and computing study value KOBSVR#Nj, when it is  $|DKACTOB\#N| > DKOBRFLM$ .

[0087] Moreover, when it is  $|DKACTOB\#N| \leq DKOBRFLM$ , study value KOBSVR#j is computed for every operating range as follows, and this processing is ended.

[0088] That is, when the absolute pressure PBA of inhalation of air is lower than the 1st place constant pressure PBOBRF 1, study value KOBSVR#N1 is computed with said formula 15, and it memorizes to Backup RAM (steps S404 and S406). Moreover, the absolute pressure PBA of inhalation of air is the one or more 1st place constant pressures PBOBRF, and when lower than the 2nd place constant pressure PBOBRF 2, study value KOBSVR#N2 is computed with said formula 15, and it memorizes to Backup RAM (steps S404, S405, and S407). Moreover, when the absolute pressure PBA of inhalation of air is the two or more 2nd place constant pressures PBOBSRF, study value KOBSVR#N3 is computed and it memorizes to Backup RAM (steps S404, S405, and S408).

[0089] As explained in full detail above, with this operation gestalt, the engine amount MEMF of rotation fluctuation in the condition below the predetermined threshold JFJUDOBS While the tolerance decided by the bound values KOBSVLMH and KOBSVLML of correction factor KOBSV#N classified by gas column is expanded gradually If the amount MEMF of rotation fluctuation exceeds a threshold MFJUDOBS and correction factor KOBSV#N classified by gas column of a gas column becomes smaller than the Lean side predetermined value KOBSVMFL this time Since both the bound values KOBSVLMH and KOBSVLML were returned to "1.0", suitable tolerance (bound value) according to the engine amount MEMF of rotation fluctuation can be set up. Moreover, since the guard values KOBSLMHD and KOBSLMLD of the bound values KOBSVLMH and KOBSVLML were set up according to atmospheric pressure PA, a suitable bound value can be set up according to the altitude the car with which the engine 1 was carried runs. Consequently, change of the exhaust air rate of flow which affects the precision of the presumed air-fuel ratio according to gas column is taken into consideration, and the stable control can be

maintained by narrowing tolerance at the time of the increment in the amount of rotation fluctuation with the inclination for presumed precision to fall, or high ground.

[0090] With this operation gestalt, step S271 of drawing 11 is equivalent to the air-fuel ratio presumption means classified by gas column, correction factor KOBSV#N classified by gas column is equivalent to the amount classified by gas column of Air Fuel Ratio Control, steps S272 and S277 of drawing 11 are equivalent to the Air Fuel Ratio Control means classified by gas column, and processing of drawing 10 and drawing 13 is equivalent to a limit processing means at steps S278, S279, and S281 of this drawing, and S283 list.

[0091] In addition, do not restrict this invention to the operation gestalt mentioned above, and the guard values KOBSLMHD and KOBSLMLD of the bound values KOBSVLMH and KOBSVLML are good also as a fixed value. Or the \*\* which does not perform expansion processing (steps S247-S254) of the tolerance decided by the bound values KOBSVLMH and KOBSVLML according to the amount MEMF of rotation fluctuation, You may make it set up the bound value KOBSVLMH and the KOBSVLML itself like the inclination shown in drawing 15 (b) according to atmospheric pressure PA.

[0092]

[Effect of the Invention] As explained in full detail above, according to this invention, based on the output of an air-fuel ratio detection means, the air-fuel ratio of each gas column is presumed. The amount classified by gas column of Air Fuel Ratio Control for carrying out feedback control of the air-fuel ratio of the gaseous mixture supplied to each gas column so that the air-fuel ratio of each presumed this gas column may be completed as desired value is computed. The amount of Air Fuel Ratio Control Since it is processed so that it may enter in the tolerance decided by the bound value set up according to either [ at least ] an engine's amount of rotation fluctuation, or atmospheric pressure, the suitable bound value according to the presumed precision of the air-fuel ratio according to gas column can be set up, and good controllability ability can be maintained.

---

[Translation done.]



**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the configuration of the internal combustion engine concerning 1 operation gestalt of this invention, and its air-fuel ratio control system.

[Drawing 2] It is a functional block diagram for explaining the Air Fuel Ratio Control technique in this operation gestalt.

[Drawing 3] It is the flow chart of the processing which computes an air-fuel ratio correction factor based on a LAF sensor output.

[Drawing 4] It is the flow chart of LAF feedback field distinction processing.

[Drawing 5] It is the block diagram of the model in which the behavior of an internal combustion engine's exhaust air system is shown.

[Drawing 6] It is the block diagram showing the configuration of the observer in this operation gestalt.

[Drawing 7] It is drawing showing the table for setting up the response delay time constant (DL) of a LAF sensor.

[Drawing 8] It is a block diagram for explaining the feedback control of air-fuel ratio according to gas column.

[Drawing 9] It is the flow chart of the main routine which computes the correction factor (KOBSV#N) according to gas column.

[Drawing 10] It is the flow chart of the processing which determines the bound value of the correction factor according to gas column.

[Drawing 11] It is the flow chart of the subroutine which computes the correction factor according to gas column.

[Drawing 12] It is the flow chart of the processing which computes the study value of the correction factor according to gas column.

[Drawing 13] It is the flow chart of the processing which computes the guard value used by processing of drawing 10.

[Drawing 14] It is drawing showing the operating range which performs feedback control of air-fuel ratio according to gas column.

[Drawing 15] It is drawing showing the table used by processing of drawing 10 or drawing 13.

[Description of Notations]

1 Internal Combustion Engine (Body)

2 Inlet Pipe

5 Electronic Control Unit (ECU) (Air-fuel Ratio Presumption Means Classified by Gas Column, Air Fuel Ratio Control Means Classified by Gas Column, Limit Processing Means)

12 Fuel Injection Valve

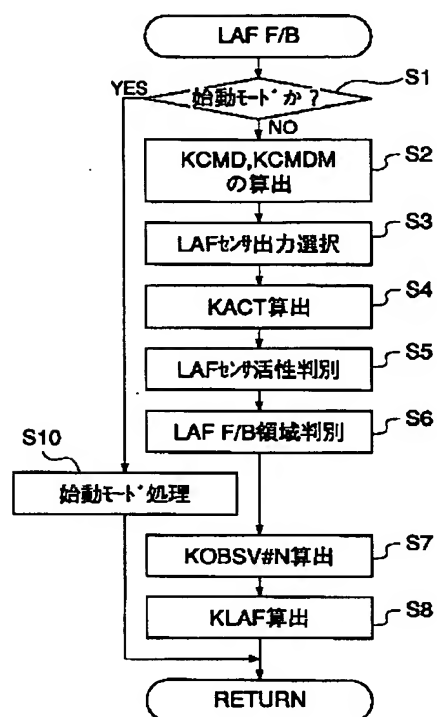
16 Exhaust Pipe

17 Broader-based Air-fuel Ratio Sensor (Air-fuel Ratio Detection Means)

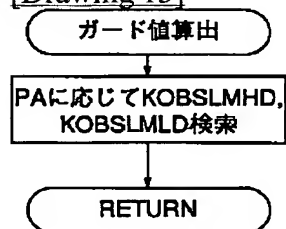
---

[Translation done.]

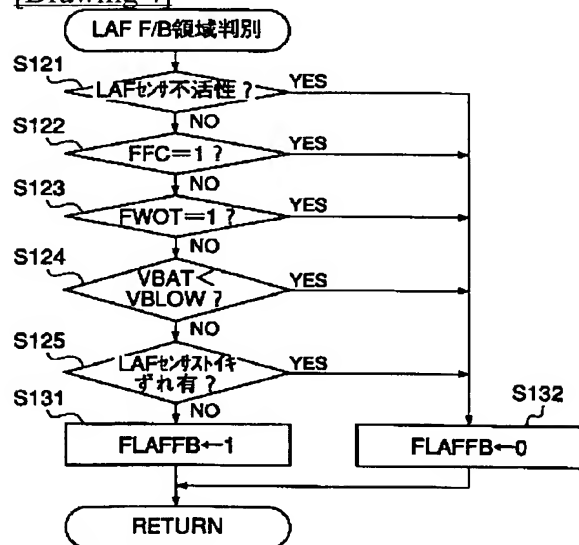




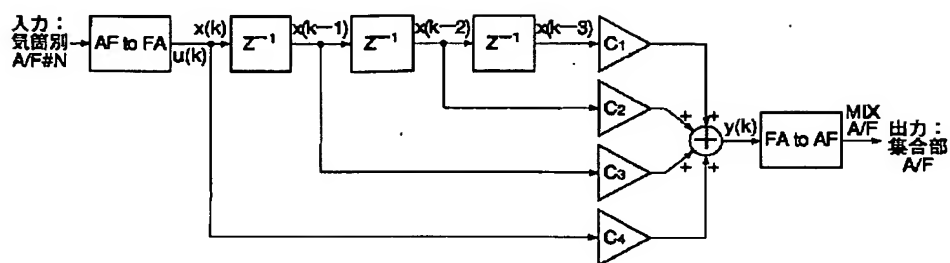
[Drawing 13]



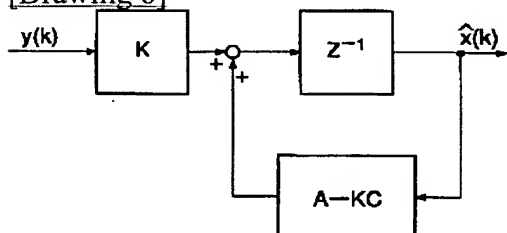
[Drawing 4]



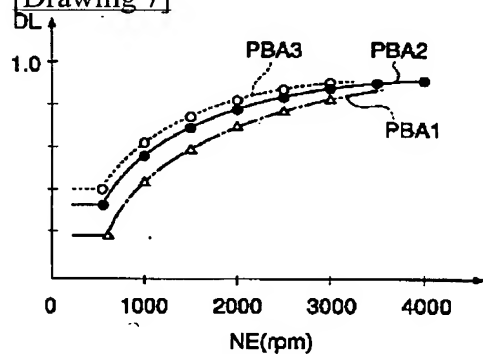
[Drawing 5]



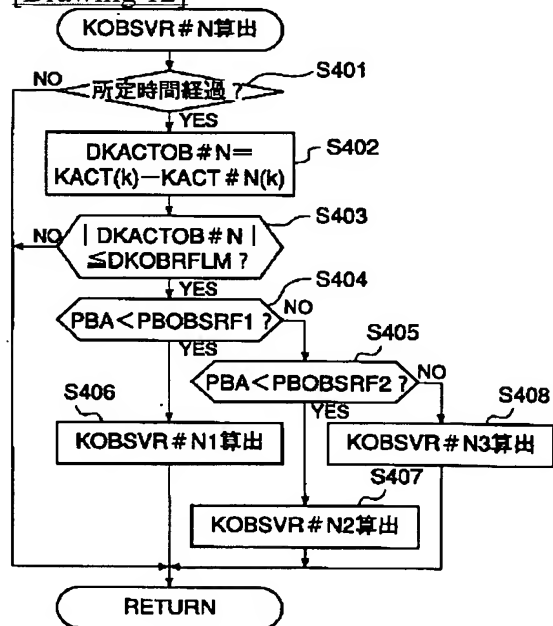
[Drawing 6]



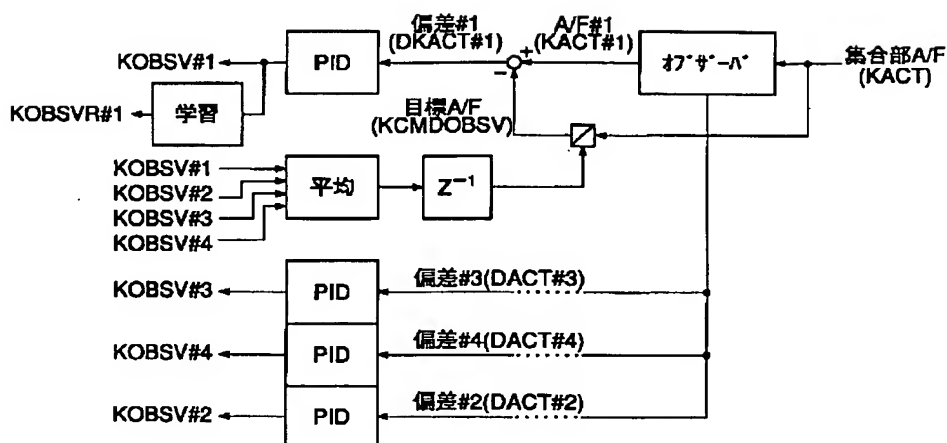
[Drawing 7]



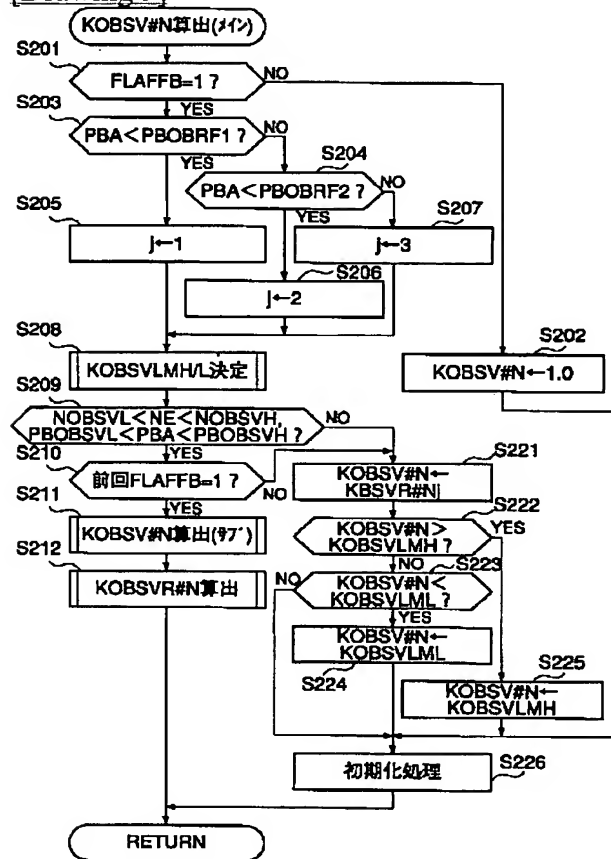
[Drawing 12]



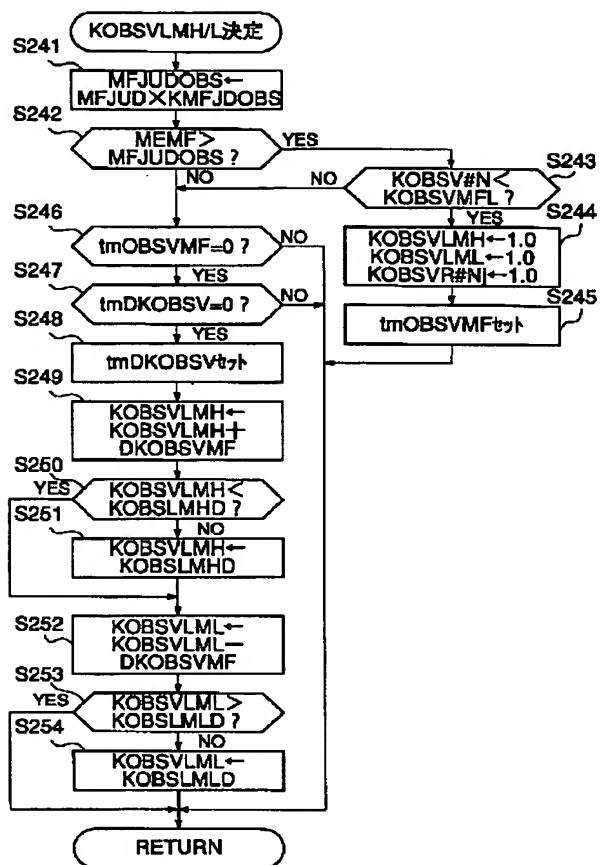
[Drawing 8]



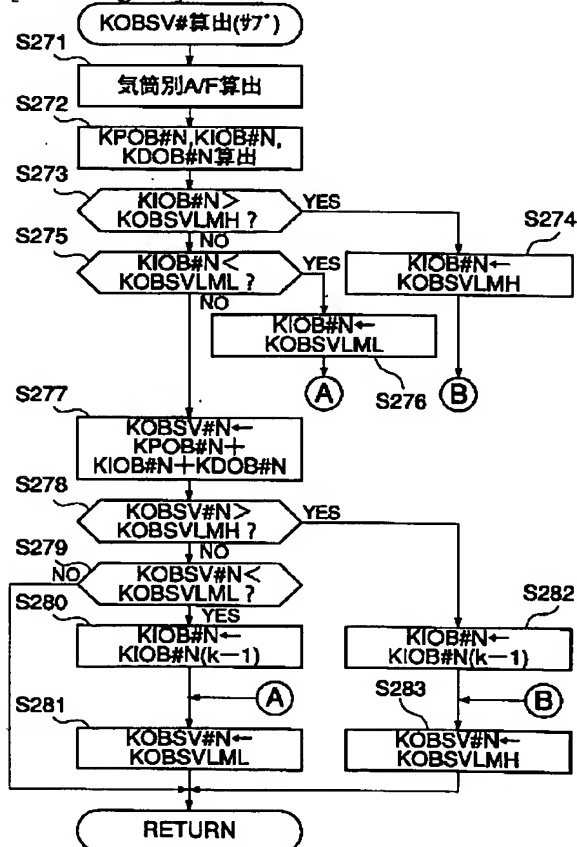
[Drawing 9]



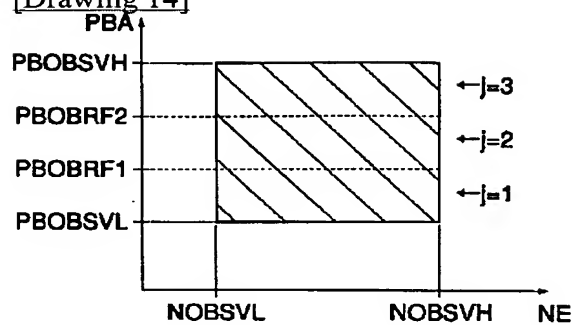
[Drawing 10]



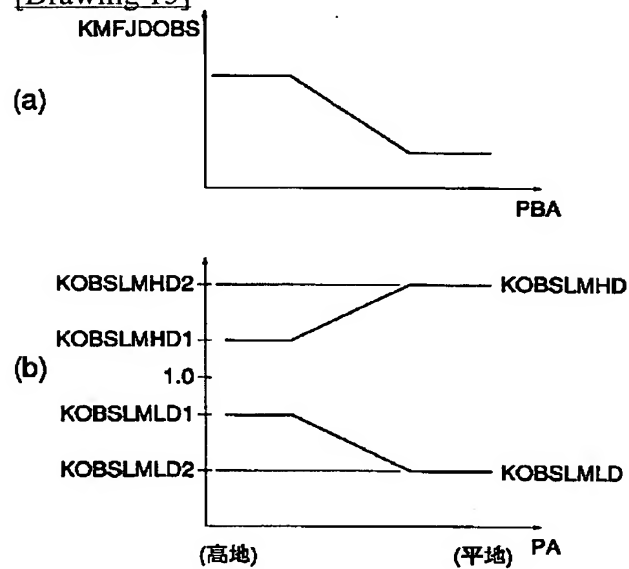
[Drawing 11]



[Drawing 14]



[Drawing 15]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 ( J P )

# (12) 特 許 公 報 ( B 2 )

(11) 特許番号

特許第3046948号

( P 3 0 4 6 9 4 8 )

(45) 発行日 平成12年 5 月 29 日 (2000. 5. 29)

(24) 登録日 平成12年 3 月 17 日 (2000. 3. 17)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

識別記号

F I

F02D 41/14

310

F02D 41/14

310

L

310

M

41/34

41/34

W

請求項の数 1 (全15頁)

(21) 出願番号 特願平9-237876

(73) 特許権者 000005326

(22) 出願日 平成 9 年 8 月 20 日 (1997. 8. 20)

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目 1 番 1 号

(72) 発明者 鈴木 典男

埼玉県和光市中央 1 丁目 4 番 1 号 株式

会社本田技術研究所内

(65) 公開番号 特開平11-62668

(43) 公開日 平成11年 3 月 5 日 (1999. 3. 5)

(72) 発明者 斎木 浩一

埼玉県和光市中央 1 丁目 4 番 1 号 株式

会社本田技術研究所内

審査請求日 平成10年 6 月 26 日 (1998. 6. 26)

(72) 発明者 宗像 浩樹

埼玉県和光市中央 1 丁目 4 番 1 号 株式

会社本田技術研究所内

(74) 代理人 100081880

弁理士 渡部 敏彦

審査官 山岸 利治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の空燃比制御装置

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 内燃機関の排気系に設けられた空燃比検出手段と、前記機関の排気系の挙動を記述するモデルに基づいてその内部状態を観測するオブザーバを設定し、前記空燃比検出手段の出力を入力として各気筒の空燃比を推定する気筒別空燃比推定手段と、該推定した各気筒の空燃比を目標値に収束させるように前記各気筒に供給する混合気の空燃比をフィードバック制御するための気筒別空燃比制御量を算出する気筒別空燃比制御手段とを備える内燃機関の空燃比制御装置において、前記機関の回転変動量及び大気圧の少なくとも一方に応じて上下限值を設定し、前記気筒別空燃比制御量が前記上下限值で決まる許容範囲内に入るように処理するリミット処理手段を備えることを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

2

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、内燃機関の空燃比制御装置に関し、特に現代制御理論に基づくオブザーバを応用したフィードバック制御により、機関に供給する混合気の空燃比を気筒別にフィードバック制御する空燃比制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 内燃機関の排気系集合部に設けられ、空燃比に比例する出力を発生する空燃比センサの出力に基づいて、オブザーバを用いて気筒別の空燃比を推定する気筒別空燃比推定装置が従来より知られている（例えば特開平 6 - 1 7 3 7 5 5 号公報）。この装置では、推定した空燃比が所定上下限値の範囲外の値となったときは、推定空燃比を初期値（A/F 1 4. 7 相当の値）に



戻すことにより、推定空燃比が発散することを防止している。

#### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の装置では、推定空燃比が所定上下限値の範囲外となったときは、初期値に戻すことにより、推定空燃比の発散は防止できるが、再度収束するのに時間がかかるという問題があった。また、排気の流速は、気筒別空燃比の推定に影響を及ぼすが、上記従来の装置では、排気流速に影響を与える機関の回転変動の状態や空気密度（大気圧）は、考慮されていない。

【0004】また、検出した空燃比に応じて空燃比制御量を算出し、その空燃比制御量を用いて機関に供給する混合気の空燃比をフィードバック制御する場合に、空燃比制御量が所定上下限値を越えたときは、空燃比制御量をその所定上下限値に設定することは、一般的に行われている。しかし、この場合の所定上下限値は固定値であり、この手法を上記したような推定気筒別空燃比に応じた気筒別空燃比のフィードバック制御にそのまま適用すると、機関の回転変動の状態や空気密度（大気圧）によ

っては、前記所定上下限値が不適切な値となり、制御性能を悪化させる場合があった。

【0005】本発明は上述した点に鑑みなされたものであり、オブザーバを使用して推定される気筒別空燃比の精度に影響を与える要因を考慮して気筒別の空燃比制御量の上下限値をより適切に設定し、良好な制御性能を維持できる空燃比制御装置を提供することを目的とする。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため本発明は、内燃機関の排気系に設けられた空燃比検出手段と、前記機関の排気系の挙動を記述するモデルに基づいてその内部状態を観測するオブザーバを設定し、前記空燃比検出手段の出力を入力として各気筒の空燃比を推定する気筒別空燃比推定手段と、該推定した各気筒の空燃比を目標値に収束させるように前記各気筒に供給する混合気の空燃比をフィードバック制御するための気筒別空燃比制御量を算出する気筒別空燃比制御手段とを備える内燃機関の空燃比制御装置において、前記機関の回転変動量及び大気圧の少なくとも一方に応じて上下限値を設定し、前記気筒別空燃比制御量が前記上下限値で決まる許容範囲内に入るように処理するリミット処理手段を備えることを特徴とする。

【0007】この構成によれば、空燃比検出手段の出力に基づいて各気筒の空燃比が推定され、該推定された各気筒の空燃比を目標値に収束させるように各気筒に供給する混合気の空燃比をフィードバック制御するための気筒別空燃比制御量が算出され、その空燃比制御量は、機関の回転変動量及び大気圧の少なくとも一方に応じて設定される上下限値で決まる許容範囲内に入るように処理される。その結果、気筒別空燃比の推定精度に応じた適

切な上下限値の設定を行うことができ、良好な制御性能を維持することができる。

#### 【0008】

【発明の実施の形態】以下本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

【0009】図1は本発明の実施の一形態にかかる内燃機関（以下「エンジン」という）及びその制御装置の構成を示す図である。同図中、1は4気筒のエンジンである。

【0010】エンジン1の吸気管2は分岐部（吸気マニホルド）11を介してエンジン1の各気筒の燃焼室に連通する。吸気管2の途中にはスロットル弁3が配されている。スロットル弁3にはスロットル弁開度（ $\theta$  TH）センサ4が連結されており、スロットル弁開度 $\theta$  THに応じた電気信号を出力して電子コントロールユニット（以下「ECU」という）5に供給する。吸気管2には、スロットル弁3をバイパスする補助空気通路6が設けられており、該通路6の途中には補助空気量制御弁7が配されている。補助空気量制御弁7は、ECU5に接続されており、ECU5によりその開弁量が制御される。

【0011】吸気管2のスロットル弁3の上流側には吸気温度（TA）センサ8が装着されており、その検出信号がECU5に供給される。吸気管2のスロットル弁3と吸気マニホルド11の間には、チャンバ9が設けられており、チャンバ9には吸気管内絶対圧（PBA）センサ10が取り付けられている。PBAセンサ10の検出信号はECU5に供給される。

【0012】エンジン1の本体にはエンジン水温（TW）センサ13が装着されており、その検出信号がECU5に供給される。ECU5には、エンジン1のクランク軸（図示せず）の回転角度を検出するクランク角度位置センサ14が接続されており、クランク軸の回転角度に応じた信号がECU5に供給される。クランク角度位置センサ14は、エンジン1の特定の気筒の所定クランク角度位置で信号パルス（以下「CYL信号パルス」という）を出力する気筒判別センサ、各気筒の吸入行程開始時の上死点（TDC）に関し所定クランク角度前のクランク角度位置で（4気筒エンジンではクランク角180度毎に）TDC信号パルスを出力するTDCセンサ及びTDC信号パルスより短い一定クランク角周期（例えば30度周期）で1パルス（以下「CRK信号パルス」という）を発生するCRKセンサから成り、CYL信号パルス、TDC信号パルス及びCRK信号パルスがECU5に供給される。これらの信号パルスは、燃料噴射時期、点火時期等の各種タイミング制御及びエンジン回転数NEの検出に使用される。

【0013】吸気マニホルド11の吸気弁の少し上流側には、各気筒毎に燃料噴射弁12が設けられており、各噴射弁は図示しない燃料ポンプに接続されているととも

に ECU 5 に電氣的に接続されて、ECU 5 からの信号により燃料噴射時期及び燃料噴射時間（開弁時間）が制御される。エンジン 1 の点火プラグ（図示せず）も ECU 5 に電氣的に接続されており、ECU 5 により点火時期  $\theta_{IG}$  が制御される。

【0014】排気管 16 は分岐部（排気マニホールド）15 を介してエンジン 1 の燃焼室に接続されている。排気管 16 には分岐部 15 が集合する部分の直ぐ下流側に、広域空燃比センサ（以下「LAF センサ」という）17 が設けられている。さらに LAF センサ 17 の下流側には直下三元触媒 19 及び床下三元触媒 20 が配されており、またこれらの三元触媒 19 及び 20 の間には酸素濃度センサ（以下「O2 センサ」という）18 が装着されている。三元触媒 19、20 は、排気ガス中の HC、CO、NO<sub>x</sub> 等の浄化を行う。

【0015】LAF センサ 17 は、ローパスフィルタ 22 を介して ECU 5 に接続されており、排気ガス中の酸素濃度（空燃比）に略比例した電気信号を出力し、その電気信号を ECU 5 に供給する。O2 センサ 18 は、その出力が理論空燃比の前後において急激に変化する特性を有し、その出力は理論空燃比よりリッチ側で高レベルとなり、リーン側で低レベルとなる。O2 センサ 18 は、ローパスフィルタ 23 を介して ECU 5 に接続されており、その検出信号は ECU 5 に供給される。

【0016】排気還流機構 30 は、吸気管 2 のチャンバ 9 と排気管 16 とを接続する排気還流路 31 と、排気還流路 31 の途中に設けられ、排気還流量を制御する排気還流弁（EGR 弁）32 と、EGR 弁 32 の弁開度を検出し、その検出信号を ECU 5 に供給するリフトセンサ 33 とから成る。EGR 弁 32 は、ソレノイドを有する電磁弁であり、ソレノイドは ECU 5 に接続され、その弁開度が ECU 5 からの制御信号により変化させることができるように構成されている。

【0017】エンジン 1 は、吸気弁及び排気弁のうち少なくとも吸気弁のバルブタイミングを、エンジン的高速回転領域に適した高速バルブタイミングと、低速回転領域に適した低速バルブタイミングとの 2 段階に切換可能なバルブタイミング切換機構 60 を有する。このバルブタイミングの切換は、弁リフト量の切換も含み、さらに低速バルブタイミング選択時は 2 つの吸気弁のうち的一方を休止させて、空燃比を理論空燃比よりリーン化する場合においても安定した燃焼を確保するようにしている。

【0018】バルブタイミング切換機構 60 は、バルブタイミングの切換を油圧を介して行うものであり、この油圧切換を行う電磁弁及び油圧センサ（図示せず）が ECU 5 に接続されている。油圧センサの検出信号は ECU 5 に供給され、ECU 5 は電磁弁を制御してバルブタイミングの切換制御を行う。

【0019】また、ECU 5 には、大気圧を検出する大

気圧（PA）センサ 21 が接続されており、その検出信号が ECU 5 に供給される。

【0020】ECU 5 は、上述した各種センサからの入力信号波形を整形して電圧レベルを所定レベルに修正し、アナログ信号値をデジタル信号値に変化する等の機能を有する入力回路と、中央処理回路（CPU）と、該 CPU で実行される各種演算プログラムや後述する各種マップ及び演算結果等を記憶する ROM 及び RAM からなる記憶回路と、燃料噴射弁 12 等の各種電磁弁や点火プラグに駆動信号を出力する出力回路とを備えている。

【0021】ECU 5 は、上述の各種エンジン運転パラメータ信号に基づいて、LAF センサ 17 及び O2 センサ 18 の出力に応じたフィードバック制御運転領域やオープン制御運転領域等の種々のエンジン運転状態を判別するとともに、エンジン運転状態に応じ、下記数式 1 により燃料噴射弁 12 の燃料噴射時間 TOUT を演算し、この演算結果に基づいて燃料噴射弁 12 を駆動する信号を出力する。

【0022】

【数 1】 $TOUT = TIMF \times KTOTAL \times KCMDM \times KLAFF \times KOBSV \#N$

図 2 は上記数式 1 による燃料噴射時間 TOUT の算出手法を説明するための機能ブロック図であり、これを参照して本実施の形態における燃料噴射時間 TOUT の算出手法の概要を説明する。なお、本実施の形態ではエンジンへの燃料供給量は燃料噴射時間として算出されるが、これは噴射される燃料量に対応するので、TOUT を燃料噴射量若しくは燃料量とも呼んでいる。

【0023】図 2 においてブロック B1 は、吸入空気量に対応した基本燃料量 TIMF を算出する。この基本燃料量 TIMF は、基本的にはエンジン回転数 NE 及び吸気管内絶対圧 PBA に応じて設定されるが、スロットル弁 3 からエンジン 1 の燃焼室に至る吸気系をモデル化し、その吸気系モデルに基づいて吸入空気の流れを考慮した補正を行うことが望ましい。その場合には、検出パラメータとしてスロットル弁開度  $\theta_{TH}$  及び大気圧 PA をさらに用いる。

【0024】ブロック B2～B4 は乗算ブロックであり、ブロックの入力パラメータを乗算して出力する。これらのブロックにより、上記数式 1 の演算が行われ、燃料噴射量 TOUT が得られる。

【0025】ブロック B9 は、エンジン水温 TW に応じて設定されるエンジン水温補正係数 KTW、排気還流実行中に排気還流量に応じて設定される EGR 補正係数 KEGR、蒸発燃料処理装置によるバージ実行時にバージ燃料量に応じて設定されるバージ補正係数 KPUG 等のフィードフォワード系補正係数をすべて乗算することにより、補正係数 KTOTAL を算出し、ブロック B2 に入力する。

【0026】ブロック B21 は、エンジン回転数 NE、

吸気管内絶対圧 P B A 等に応じて目標空燃比係数 K C M D を決定し、ブロック 2 2 に入力する。目標空燃比係数 K C M D は、空燃比 A / F の逆数、すなわち燃空比 F / A に比例し、理論空燃比のとき値 1 . 0 をとるので、目標当量比ともいう。ブロック B 2 2 は、ローパスフィルタ 2 3 を介して入力される O 2 センサ出力 V M O 2 に基づいて目標空燃比係数 K C M D を修正し、ブロック B 1 8 及び B 2 3 に入力する。ブロック B 2 3 は、K C M D 値に応じて燃料冷却補正を行い最終目標空燃比係数 K C M D M を算出し、ブロック B 3 に入力する。

【 0 0 2 7 】ブロック B 1 0 は、ローパスフィルタ 2 2 を介して入力される L A F センサ出力値を、C R K 信号パルスの発生毎にサンプリングし、そのサンプル値をリングバッファメモリに順次記憶し、エンジン運転状態に応じて最適のタイミングでサンプリングしたサンプル値を選択し ( L A F センサ出力選択処理 ) 、ブロック B 1 1 に入力するとともにローパスフィルタブロック B 1 6 を介してブロック B 1 8 に入力する。この L A F センサ出力選択処理は、サンプリングのタイミングによっては変化する空燃比を正確に検出できないこと、燃焼室から排出される排気ガスが L A F センサ 1 7 に到達するまでの時間や L A F センサ自体の反応時間がエンジン運転状態によって変化することを考慮したものである。

【 0 0 2 8 】ブロック B 1 1 は、いわゆるオブザーバとしての機能を有し、L A F センサ 1 7 によって検出される集合部 ( 各気筒から排出された排気ガスの混合ガス ) の空燃比に基づいて、各気筒毎の空燃比を推定し、4 つの気筒に対応しているブロック B 1 2 ~ B 1 5 に入力する。図 2 においては、ブロック B 1 2 が気筒 # 1 に対応し、ブロック B 1 3 が気筒 # 2 に対応し、ブロック B 1 4 が気筒 # 3 に対応し、ブロック B 1 5 が気筒 # 4 に対応する。ブロック B 1 2 ~ B 1 5 は、各気筒の空燃比 ( オブザーバブロック B 1 2 が推定した空燃比 ) が、集合部空燃比に一致するように P I D 制御により気筒別補正係数 K O B S V # N ( N = 1 ~ 4 ) を算出し、それぞれブロック B 5 ~ B 8 に入力する。

【 0 0 2 9 】ブロック B 1 8 は、検出空燃比と目標空燃比との偏差に応じて P I D 制御により P I D 補正係数 K L A F を算出してブロック B 4 に入力する。

【 0 0 3 0 】以上のように本実施の形態では、L A F センサ 1 7 の出力の応じて通常の P I D 制御により算出した P I D 補正係数 K L A F を上記数式 1 に適用するとともに、L A F センサ出力に基づいて推定した各気筒の空燃比に応じて設定される気筒別補正係数 K O B S V # N をさらに上記数式 1 に適用して、気筒毎の燃料噴射量 T O U T ( N ) を算出している。気筒別補正係数 K O B S V # N により気筒毎の空燃比のばらつきを解消して、触媒の浄化率を向上させ、種々のエンジン運転状態において良好な排気ガス特性を得ることができる。

【 0 0 3 1 】本実施の形態では、上述した図 2 の各プロ

ックの機能は、E C U 5 の C P U による演算処理により実現されるので、この処理のフローチャートを参照して処理の内容を具体的に説明する。なお、以下の説明において添え字 ( k ) は、離散系におけるサンプリング時刻に対応するものであり、( k ) 、( k - 1 ) 等がそれぞれ今回値、前回値等に対応する。ただし、今回値を示す ( k ) は特に必要のない限り省略している。

【 0 0 3 2 】図 3 は、L A F センサ 1 7 の出力に応じて P I D 補正係数 K L A F 及び気筒別補正係数 K O B S V を算出する処理のフローチャートである。本処理は T D C 信号パルスの発生毎に実行される。

【 0 0 3 3 】ステップ S 1 では、始動モードか否か、すなわちクランキング中か否かを判別し、始動モードのときは始動モードの処理 ( ステップ S 1 0 ) へ移行する。始動モードでなければ、目標空燃比係数 ( 目標当量比 ) K C M D 及び最終目標空燃比係数 K C M D M の算出 ( ステップ S 2 ) 及び L A F センサ出力選択処理を行う ( ステップ S 3 ) とともに検出当量比 K A C T の演算を行う ( ステップ S 4 ) 。検出当量比 K A C T は、L A F センサ 1 7 の出力を当量比に変換したものである。

【 0 0 3 4 】次いで L A F センサ 1 7 の活性化が完了したか否かの活性判別を行う ( ステップ S 5 ) 。これは、例えば L A F センサ 1 7 の出力電圧とその中心電圧との差を所定値 ( 例えば 0 . 4 V ) と比較し、該差が所定値より小さいとき活性化が完了したと判別するものである。

【 0 0 3 5 】次にエンジン運転状態が L A F センサ 1 7 の出力に基づくフィードバック制御を実行する運転領域 ( 以下「L A F フィードバック領域」という ) にあるか否かの判別を行う ( ステップ S 6 ) 。エンジン運転状態が L A F フィードバック領域にあるときは、フィードバック制御フラグ F L A F F B が「1」に設定され、それ以外のときは「0」に設定される。そして、気筒別空燃比補正係数 K O B S V = N 及び P I D 補正係数 K L A F の演算を行って ( ステップ S 7 、S 8 ) 、本処理を終了する。フィードバック制御フラグ F L A F F B = 1 であるとき、ステップ S 7 では後述する図 9 の処理 ( ステップ S 2 0 3 以降の処理 ) により、気筒別補正係数 K O B S V # N が算出され、ステップ S 8 では、周知の P I D 制御により、検出当量比 K A C T が目標当量比 K C M D に一致するように P I D 補正係数 K L A F が算出される。フィードバック制御フラグ F L A F F B = 0 であるときは、ステップ S 7 では、気筒別補正係数 K O B S V # N が「1 . 0」に設定され、ステップ S 8 ではエンジン運転状態に応じて決定される所定値に設定される。

【 0 0 3 6 】図 4 は、図 3 のステップ S 6 における L A F フィードバック領域判別処理のフローチャートである。

【 0 0 3 7 】先ずステップ S 1 2 1 では、L A F センサ 1 7 が不活性状態にあるか否かを判別し、活性状態にあ

るときは、燃料カット中であることを「1」で示すフラグFFCが「1」か否かを判別し（ステップS122）、FFC=0であるときは、スロットル弁全開中であることを「1」で示すフラグFWOTが「1」か否かを判別し（ステップS123）、FWOT=1でないときは、図示しないセンサによって検出したバッテリー電圧VBATが所定下限値VBLowより低いかなかを判別し（ステップS124）、VBAT $\geq$ VBLowであるときは、理論空燃比に対応するLAFセンサ出力のずれ（LAFセンサストイキずれ）があるかなかを判別する。そして、ステップS121～S125のいずれかの答が肯定（YES）のときは、LAFセンサ出力に基づくフィードバック制御が実行可能であることを「1」で示すフィードバック制御フラグFLAFFBを「0」に設定する（ステップS132）。

【0038】一方、ステップS121～S125の答がすべて否定（NO）のときは、LAFセンサ出力に基づ

$$\begin{aligned} [F/A](k) &= C_1 [F/A \# 1] + C_2 [F/A \# 3] \\ &\quad + C_3 [F/A \# 4] + C_4 [F/A \# 2] \\ [F/A](k+1) &= C_1 [F/A \# 3] + C_2 [F/A \# 4] \\ &\quad + C_3 [F/A \# 2] + C_4 [F/A \# 1] \\ [F/A](k+2) &= C_1 [F/A \# 4] + C_2 [F/A \# 2] \\ &\quad + C_3 [F/A \# 1] + C_4 [F/A \# 3] \end{aligned}$$

すなわち、集合部の燃空比は、気筒毎の過去の燃焼履歴に重みC（例えば直前に燃焼した気筒は40%、その前が30%、…など）を乗算したものの合計で表した。このモデルをブロック線図で表すと、図5のようになり、

$$\begin{bmatrix} x(k-2) \\ x(k-1) \\ x(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(k-3) \\ x(k-2) \\ x(k-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(k)$$

また、集合部の燃空比をy(k)とおくと、出力方程式は数式4のように表すことができる。

$$y(k) = [c_1 \ c_2 \ c_3] \begin{bmatrix} x(k-3) \\ x(k-2) \\ x(k-1) \end{bmatrix} + c_4 \cdot u(k)$$

ここで、

$$\begin{aligned} c_1 &: 0.05, \quad c_2 : 0.15, \quad c_3 : 0.30, \\ c_4 &: 0.05 \text{ とする。} \end{aligned}$$

数式4において、u(k)は観測不可能であるため、この状態方程式からオブザーバを設計してもx(k)は観測することができない。そこで、4TDC前（すなわち、同一気筒）の空燃比は急激に変化しない定常運転状態にあると仮定してx(k+1)=x(k-3)とすると、数式4は数式5のようになる。

【0045】

【数5】

くフィードバック制御を実行可能と判定して、フィードバック制御フラグFLAFFBを「1」に設定する（ステップS131）。

【0039】次に図3のステップS9における気筒別補正係数KOBV#Nの算出処理について説明する。

【0040】最初にオブザーバによる気筒別空燃比の推定手法について説明し、次に推定した気筒別空燃比に応じた気筒別補正係数KOBV#Nの算出手法を説明する。

【0041】排気系集合部の空燃比を各気筒の空燃比の時間的な寄与度を考慮した加重平均であると考え、時刻kのときの値を数式2のように表した。なお、燃料量(F)を操作量としたため、数式2では燃空比F/Aを用いている。

【0042】

【数2】

その状態方程式は数式3のようになる。

【0043】

【数3】

$$\begin{bmatrix} x(k-2) \\ x(k-1) \\ x(k) \\ x(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(k-3) \\ x(k-2) \\ x(k-1) \\ x(k) \end{bmatrix} \quad 11$$

$$y(k) = [c_1 c_2 c_3 c_4] \begin{bmatrix} x(k-3) \\ x(k-2) \\ x(k-1) \\ x(k) \end{bmatrix} \quad 10 \quad \text{【数6】}$$

$$X(k+1) = AX(k) + Bu(k)$$

$$y(k) = CX(k) + Du(k)$$

ここで、

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad C = [c_1 c_2 c_3 c_4] \quad B = D = [0]$$

$$X(k) = \begin{bmatrix} x(k-3) \\ x(k-2) \\ x(k-1) \\ x(k) \end{bmatrix}$$

【0047】

【数7】

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad R = [1]$$

【0048】

【数8】

$$K = \begin{bmatrix} -0.3093 \\ 1.1916 \\ 0.3093 \\ 0.0803 \end{bmatrix}$$

本実施形態のモデルでは、一般的なオブザーバの構成における入力  $u(k)$  がないので、図6に示すように  $y(k)$  のみを入力とする構成となり、これを数式で表すと数式9のようになる。

【0049】

【数9】

$$\hat{X}(k+1) = [A-KC] \hat{X}(k) + Ky(k) \\ = A\hat{X}(k) + K(y(k) - C\hat{X}(k))$$

$$\hat{X}(k) = \begin{bmatrix} \hat{x}(k-3) \\ \hat{x}(k-2) \\ \hat{x}(k-1) \\ \hat{x}(k) \end{bmatrix}$$

したがって、集合部燃空比  $y(k)$  及び過去の気筒別燃

12

このように設定したモデルが4気筒エンジンの排気系をよくモデル化していることは実験的に確認されている。従って、集合部A/Fから気筒別燃空比を推定する問題は、数式6で示される状態方程式と出力方程式にて  $x(k)$  を観察する通常のカルマンフィルタの問題に帰着する。その荷重行列  $Q$ 、 $R$  を数式7のようにおいてリカッチの方程式を解くと、ゲイン行列  $K$  は数式8のようになる。

【0046】

空比の推定値  $X$  ハット  $(k)$  から、今回の気筒別燃空比の推定値  $X$  ハット  $(k)$  を算出することができる。

【0050】上記数式9を用いて気筒別燃空比  $X$  ハット  $(k+1)$  を算出する場合、集合部燃空比  $y(k)$  として、検出当量比  $KACT(k)$  が適用されるが、この検出当量比  $KACT(k)$  は、LAFセンサ17の応答遅れを含んでいるのに対し、 $CX$  ハット  $(k)$  (4つの気筒別燃空比の重み付け加算値) は、遅れを含んでいない。そのため、数式9を用いたのでは、LAFセンサ17の応答遅れの影響で、気筒別燃空比を正確に推定することはできない。特にエンジン回転数  $NE$  が高いときは、TDC信号パルスの発生間隔が短くなるので応答遅れの影響が大きくなる。

【0051】そこで本実施形態では、数式10により集合部燃空比の推定値  $y$  ハット  $(k)$  を算出し、これを数式11に適用することにより、気筒別燃空比の推定値  $X$  ハット  $(k+1)$  を算出するようにした。

【0052】

【数10】

$$\hat{y}(k) = DL\hat{y}(k-1) + (1-DL)C\hat{X}(k)$$

【0053】

【数11】

50

$$\hat{X}(k+1) = \hat{A}X(k) + K(y(k) - \hat{y}(k))$$

上記数式10において、DLはLAFセンサ17の応答遅れの時定数に相当するパラメータであり、本実施形態では図7に示すDLテーブルを用いて算出される。DLテーブルは、DL値がエンジン回転数NE及び吸気管内絶対圧PBAに応じて0から1.0の間の値となるように設定されている。同図において、PBA1～3はそれぞれ例えば、660mmHg、460mmHg、260mmHgであり、適宜補間演算を行って、検出したエンジン回転数NE及び吸気管内絶対圧PBAに応じた時定数DLの算出を行う。なお、時定数DLの値は、実際の応答遅れ時間に相当する値より20%程度遅い時間に相当する値が最適であることが実験的に確認されている。また、図7から明らかなように時定数DLは、吸気管内絶対圧PBAの変化に対する変化は小さいので、例えばPBA1、PBA2及びPBA3に対応する時定数DLの値の平均値を、エンジン回転数NEのみに応じて選択するようにしてもよい。

【0054】なお、数式10及び11において、Xハット(k)の初期ベクトルは、例えば構成要素(xハット(k-3)、xハット(k-2)、xハット(k-1)、xハット(k))の値が全て検出当量比KACTのベクトルとし、数式10においてyハット(k-1)

$$KCMDOBSV(k) = \frac{KACT(k)}{\sum_{n=1}^4 KOBSV\#N(k-1)/4}$$

より具体的には、数式13により比例項KPOB#1、積分項KIOB#1及び微分項KDOB#1を求め、さらに数式14により気筒別補正係数KOBSV#1を算出する。

【0059】

【数13】 $KPOB\#1(k) = KPOBSV \times DKACT\#1(k)$

$KIOB\#1(k) = KIOBSV \times DKACT\#1(k) + KIOBS\#1(k-1)$

$KDOB\#1(k) = KDOBSV \times (DKACT\#1(k) - DKACT\#1(k-1))$

【0060】

【数14】 $KOBSV\#1(k) = KPOB\#1(k) + KIOB\#1(k) + KDOB\#1(k)$

#2～#4気筒についても同様の演算を行い、KOBSV#2～#4を算出する。

【0061】これにより、各気筒の空燃比は集合部空燃比に収束し、集合部空燃比はPID補正係数KLAFにより、目標空燃比に収束するので、結果的にすべての気筒の空燃比を目標空燃比に収束させることができる。

【0062】さらに、この気筒別補正係数KOBSV#Nの学習値である気筒別補正係数学習値KOBSVR#Nを下記の式により、運転領域毎に算出して、バッテリー

の初期値も検出当量比KACTとする。

【0055】このように、数式9におけるCXハット(k)を、LAFセンサの応答遅れを含んだ集合部燃空比の推定値yハット(k)に置き換えた数式11を用いることにより、LAFセンサの応答遅れを適切に補償して正確な気筒別空燃比の推定を行うことができる。なお、以下の説明における各気筒の推定当量比KACT#1(k)～KACT#4(k)が、それぞれxハット(k)に相当する。

【0056】次に推定した気筒別空燃比に基づいて気筒別補正係数KOBSV#Nを算出する手法を、図8を参照して説明する。

【0057】先ず、数式12に示すように、集合部A/Fに対応する検出当量比KACTを全気筒の気筒別補正係数KOBSV#Nの平均値の前回演算値で除算して目標A/Fに対応する当量比としての目標値KCMDOBSV(k)を算出し、#1気筒の気筒別補正係数KOBSV#1は、その目標値KCMDOBSV(k)と#1気筒の推定当量比KACT#1(k)との偏差DKACT#1(k)(=KACT#1(k)-KCMDOBSV(k))が0となるように、PID制御により求める。

【0058】

【数12】

$$KCMDOBSV(k) = \frac{KACT(k)}{\sum_{n=1}^4 KOBSV\#N(k-1)/4}$$

でバックアップされたRAMに記憶する。

【0063】

【数15】 $KOBSVR\#j = CR \times KOBSV\#N + (1 - CR) \times KOBSVR\#Nj$

ここで、jは後述するように吸気管内絶対圧PBAに応じて決定される運転領域パラメータ(j=1～3)、CRは0から1の間の値に設定される重み係数、右辺のKOBSVR#Njは前回の学習値である。

【0064】図9は、図3のステップS7における気筒別補正係数KOBSV#N算出処理(メイン)のフローチャートである。

【0065】先ずステップS201では、フィードバック制御フラグFLAF FBが「1」か否かを判別し、FLAF FB=0であってLAFフィードバック領域にないときは、気筒別補正係数KOBSV#Nを「1.0」に設定し(ステップS202)、ステップS226の初期化処理を実行して本処理を終了する。ステップS226では、前記数式10及び11の、xハット(k-3)、xハット(k-2)、xハット(k-1)、xハット(k)及び数式10のyハット(k-1)を全て検出当量比KACTに設定するとともに、数式13のDKACT#Nを「0」に、また数式13のKIOB#Nを気筒別補正係数KOBSV#Nに設定する初期化処理を

行う。

【0066】ステップS201でFLAFFB=1であるときは、吸気管内絶対圧PBAに応じて運転領域の判別を行う（ステップS203～S207、図14参照）。すなわち、吸気管内絶対圧PBAが第1所定圧PBOBRF1より低い低負荷領域であるときは、運転領域パラメータjを「1」に設定し（ステップS203、S205）、吸気管内絶対圧PBAが第1所定圧PBOBRF1以上で、かつ第1所定圧PBOBRF1より高い第2所定圧PBOBRF2より低い中負荷領域であるときは、運転領域パラメータjを「2」に設定し（ステップS203、S204、S206）、吸気管内絶対圧PBAが第2所定圧PBOBRF2以上の高負荷領域であるときは、運転領域パラメータjを「3」に設定する（ステップS203、S204、S207）。

【0067】続くステップS208では、KOBSVL<sub>MH/L</sub>決定処理（図10）を実行し、気筒別補正係数KOBSV<sub>#N</sub>の上限値KOBSVL<sub>MH</sub>及び下限値KOBSVL<sub>ML</sub>を決定する。そして、エンジン回転数NEが所定上下限值NOBSVH、NOBSVL（例えばそれぞれ4000rpm、1000rpm）の範囲内にあるか否か、及び吸気管内絶対圧PBAが所定上下限值PBOBSVH、PBOBSVL（例えばそれぞれ760mmHg、200mmHg）の範囲内にあるか否かを判別し（ステップS209、図14参照）、NE≤NOBSVL、またはNE≥NOBSVH、またはPBA≤PBOBSVL、またはPBA≥PBOBSVHであるときは、気筒別補正係数KOBSV<sub>#N</sub>を、そのときの運転領域に対応する学習値KOBSVR<sub>#Nj</sub>に設定し（ステップS221）、気筒別補正係数KOBSV<sub>#N</sub>のリミット処理を行う（ステップS222～S225）。すなわち、気筒別補正係数KOBSV<sub>#N</sub>が上限値KOBSVL<sub>MH</sub>より大きいときは、KOBSV<sub>#N</sub>=KOBSVL<sub>MH</sub>とし（ステップS222、S225）、下限値KOBSVL<sub>ML</sub>より小さいときは、KOBSV<sub>#N</sub>=KOBSVL<sub>ML</sub>とし（ステップS223、S224）、上下限値の範囲内にあるときは、そのまま前記ステップS226に進む。

【0068】ステップS209の答が肯定（YES）のときは、本処理の前回実行時においてフィードバック制御フラグFLAFFBが「1」であったか否かを判別し（ステップS210）、前回FLAFFB=0であったときは、前記ステップS221に進んで初期値設定を行う。前回もFLAFFB=1であったときは、図11のKOBSV<sub>#N</sub>算出処理（サブ）及び図12のKOBSVR<sub>#Nj</sub>算出処理を実行して（ステップS211、S212）、本処理を終了する。

【0069】図10は、図9のステップS208におけるKOBSVL<sub>MH/L</sub>決定処理のフローチャートである。

【0070】ステップS241では、下記数式16により、回転変動閾値MFJUDOB<sub>S</sub>を算出する。

【0071】

【数16】

$$MFJUDOB_S = MFJUD \times KMFJDOB_S$$

ここで、MFJUDは、エンジン回転数NE及び吸気管内絶対圧PBAに応じて設定されたMFJUDマップを検索することにより算出される回転変動閾値の基本値であり、MFJUDマップは、エンジン回転数NEが増加するほど、また吸気管内絶対圧PBAが増加するほど、基本値MFJUDが減少するように設定されている。また、KMFJDOB<sub>S</sub>は、回転変動閾値の補正係数であり、この補正係数KMFJDOB<sub>S</sub>は、吸気管内絶対圧PBAに応じて設定されたKMFJDOB<sub>S</sub>テーブルを検索することにより算出される。KMFJDOB<sub>S</sub>テーブルは、図15（a）に示すように、吸気管内絶対圧PBAが増加するほど補正係数KMFJDOB<sub>S</sub>が減少するように設定されている。

【0072】続くステップS242では、検出したエンジン回転変動量MEMFが、ステップS241で算出した閾値MFJUDOB<sub>S</sub>より大きいと否かを判別する。ここで、エンジンのクランク軸が一定角度（例えば30度）回転するのに要する時間（すなわち1/NEに比例する量）の今回値をME（k）とすると、回転変動量MEMFは下記式で定義されるパラメータである。

$$MEMF = ME(k) - ME(k-1)$$

回転変動量MEMFが閾値MFJUDOB<sub>S</sub>より大きいときは、今回演算の対象となる気筒（以下「今回気筒」という）の気筒別補正係数KOBSV<sub>#N</sub>がリーン側所定値KOBSVMFL（例えば0.96）より小さいと否かを判別し（ステップS243）、KOBSV<sub>#N</sub><KOBSVMFLであって気筒別補正係数KOBSV<sub>#N</sub>の値がリーン側に偏っているときは、上限値KOBSVL<sub>MH</sub>、下限値KOBSVL<sub>ML</sub>及び学習値KOBSVR<sub>#Nj</sub>（j=1～3）を全て「1.0」に設定し（ステップS244）、ダウンカウントタイマtmOB<sub>SVMF</sub>を所定時間TOBSVMF（例えば3分）にセットしてスタートさせ（ステップS245）、本処理を終了する。

【0074】ステップS242～S244により、エンジンの回転変動が大きくかつ今回気筒の気筒別補正係数KOBSV<sub>#N</sub>がリーン側に偏っているときは、上下限値KOBSVL<sub>MH</sub>、KOBSVL<sub>ML</sub>及び学習値KOBSVR<sub>#Nj</sub>が全て「1.0」とされるので、後述する図11のステップS278～S283の処理により気筒別補正係数KOBSV<sub>#N</sub>も「1.0」（無補正值）に設定され、特定気筒の空燃比が過度にリーン化されることによる回転変動の増加を防止することができる。

【0075】ステップS242またはS243の答が否定（NO）、すなわちMEMF≤MFJUDOB<sub>S</sub>であ



って回転変動量が小さいとき、または回転変動量MEMF $\geq$ MFJUDOB Sであっても気筒別補正係数KOB SV#Nがリーン側所定値KOB SVMF Lより大きいときは、ステップS 2 4 5でスタートしたタイマtmOB SVMFの値が「0」か否かを判別する。そしてtmOB SVMF $>$ 0である間は、直ちに本処理を終了し、tmOB SVMF=0となりステップS 2 4 2またはS 2 4 3の答が否定(N O)の状態が所定時間TOB SVMF以上継続したときは、次のステップS 2 4 8でスタートされるダウンカウントタイマtmDKOB SVの値が「0」か否かを判別する(ステップS 2 4 7)。tmDKOB SV $>$ 0である間は、直ちに本処理を終了し、tmDKOB SV=0となると、タイマtmDKOB SVを所定時間TDKOB SV(例えば10秒)にセットしてスタートさせる(ステップS 2 4 8)。

【0076】次いで、上限値KOB SVLMHを、所定値DKOB SVMF(例えば0.001)を加算することにより更新し(ステップS 2 4 9)、該更新した上限値KOB SVLMHが、大気圧PAに応じて設定される上限ガード値KOB SLMHDより小さいか否かを判別する(ステップS 2 5 0)。そしてKOB SVLMH $<$ KOB SLMHDであるときは直ちに、またKOB SVLMH $\geq$ KOB SLMHDであるときは、上限値KOB SVLMHをその上限ガード値KOB SLMHDに設定して(ステップS 2 5 1)、ステップS 2 5 2に進む。

【0077】ステップS 2 5 2では、下限値KOB SVLMLを、所定値DKOB SVMFを減算することにより更新し、該更新した下限値KOB SVLMLが、大気圧PAに応じて設定される下限ガード値KOB SLM LDより大きいと判別する(ステップS 2 5 3)。そしてKOB SVLML $>$ KOB SLM LDであるときは直ちに、またKOB SVLML $\leq$ KOB SLM LDであるときは、下限値KOB SVLMLをその下限ガード値KOB SLM LDに設定して(ステップS 2 5 4)、本処理を終了する。

【0078】ここで、上限ガード値KOB SLMHD及び下限ガード値KOB SLM LDは、図13に示すガード値算出処理(TDC信号パルスに同期した処理が実行されない、いわゆるバックグラウンドで実行される処理)において、大気圧PAに応じて図15(b)に示すガード値テーブルを検索することにより決定される。ガード値テーブルは、大気圧PAが低下するほど上限ガード値KOB SLMHDが減少し、下限ガード値KOB SVLMLDが増加するように、すなわち上下限値KOB SVLMH、KOB SVLMLの許容範囲が狭くなるように設定されている。図15(b)において、所定値KOB SLMHD1及びKOB SLMHD2は、それぞれ例えば1.02、1.05に設定され、所定値KOB SLM LD1及びKOB SLM LD2は、それぞれ例えば0.98、0.95に設定される。

【0079】ステップS 2 4 8以下の処理により、所定時間TDKOB SV毎に上限値KOB SVLMHのインクリメント及び下限値KOB SVLMLのデクリメントが実行され、気筒別補正係数KOB SV#Nの許容範囲が徐々に拡大される。そして、ステップS 2 4 2~S 2 4 4の処理により、回転変動量MEMFが閾値MFJUDOB Sを越えかつ今回気筒の気筒別補正係数KOB SV#Nがリーン側所定値KOB SVMF Lより小さくなると、上下限値KOB SVLMH、KOB SVLMLとともに「1.0」に戻される。

【0080】図11は、図9のステップS 2 1 1におけるKOB SV#N算出処理(サブ)のフローチャートである。

【0081】先ずステップS 2 7 1では、前述した手法により気筒別空燃比の推定(推定当量比KACT#Nの算出)を行い、次いで前記数式13により、気筒別空燃比フィードバック制御の比例項KPOB#N、積分項KIOB#N及び微分項KDOB#Nを算出する(ステップS 2 7 2)。続くステップS 2 7 3~S 2 7 6では積分項KIOB#Nのリミット処理を行う。すなわち、積分項KIOB#Nが上限値KOB SVLMHより大きいときは、その上限値KOB SVLMHに設定して(ステップS 2 7 3、S 2 7 4)ステップS 2 8 3に進み、積分項KIOB#Nが下限値KOB SVLMLより小さいときは、その下限値KOB SVLMLに設定して(ステップS 2 7 5、S 2 7 6)ステップS 2 8 1に進み、積分項KIOB#Nが上下限値KOB SVLMH、KOB SVLMLの範囲内にあるときは、ステップS 2 7 7に進む。

【0082】ステップS 2 7 7では、前記数式14により今回気筒の気筒別補正係数KOB SV#Nを算出し、続くステップS 2 7 8~S 2 8 3で気筒別補正係数KOB SV#Nのリミット処理を行う。すなわち、1)気筒別補正係数KOB SV#Nが上限値KOB SVLMHより大きいときは、積分項KIOB#Nを前回値KIOB#N(k-1)に戻す(ステップS 2 8 2)とともに、気筒別補正係数KOB SV#Nを上限値KOB SLMHに設定し(ステップS 2 8 3)、2)気筒別補正係数KOB SV#Nが下限値KOB SVLMLより小さいときは、積分項KIOB#Nを前回値KIOB#N(k-1)に戻す(ステップS 2 8 0)とともに、気筒別補正係数KOB SV#Nを上限値KOB SVLMLに設定し(ステップS 2 8 1)、3)気筒別補正係数KOB SV#Nが上下限値KOB SVLMH、KOB SVLMLの範囲内にあるときは、そのまま本処理を終了する。

【0083】図11の処理によれば、推定した気筒別当量比KACT#Nに応じて気筒別補正係数KOB SV#Nが算出されるとともに、算出した気筒別補正係数KOB SV#N及び積分項KIOB#Nが、上下限値KOB SVLMH、KOB SVLMLの範囲内に入るようにリ



ミット処理される。

【0084】図12は、図9のステップS212における気筒別補正係数学習値KOB SVR #N j 算出処理のフローチャートである。

【0085】同図においてステップS401では、今回の気筒別フィードバック制御開始時点（気筒別フィードバック制御の実行条件不成立の状態から実行条件成立の状態への移行時点）から所定時間経過したか否かを判別し、経過前は直ちに本処理を終了し、経過後はステップS402に進む。ステップS402では、下記式により

検出当量比KACT (k) と推定気筒別当量比KACT #N (k) との偏差である当量比偏差DKACTOB #N を算出する。

【0086】 $DKACTOB \#N = KACT (k) - KACT \#N (k)$   
そして当量比偏差の絶対値 $|DKACTOB \#N|$ が所定偏差DKOBRFLM以下か否かを判別し（ステップS403）、 $|DKACTOB \#N| > DKOBRFLM$ であるときは、学習値KOB SVR #N j を算出することなく本処理を終了する。

【0087】また $|DKACTOB \#N| \leq DKOBRFLM$ であるときは、以下のように運転領域毎に学習値KOB SVR # j の算出を行い、本処理を終了する。

【0088】すなわち、吸気管内絶対圧PBAが第1所定圧PBOBRF1より低いときは、学習値KOB SVR #N1を前記数式15により算出し、バックアップRAMに記憶する（ステップS404、S406）。また、吸気管内絶対圧PBAが第1所定圧PBOBRF1以上でかつ第2所定圧PBOBRF2より低いときは、学習値KOB SVR #N2を前記数式15により算出し、バックアップRAMに記憶する（ステップS404、S405、S407）。また、吸気管内絶対圧PBAが第2所定圧PBOBSRF2以上であるときは、学習値KOB SVR #N3を算出し、バックアップRAMに記憶する（ステップS404、S405、S408）。

【0089】以上詳述したように本実施形態では、エンジンの回転変動量MEMFが所定閾値JFJUDOB以下で、気筒別補正係数KOB SV #Nの上下限値KOB SVLMH、KOB SVLMLで決まる許容範囲が徐々に拡大される一方、回転変動量MEMFが閾値MFJUDOBを越えかつ今回気筒の気筒別補正係数KOB SV #Nがリーン側所定値KOB SVMFLより小さくなると、上下限値KOB SVLMH、KOB SVLMLとともに「1.0」に戻されるようにしたので、エンジンの回転変動量MEMFに応じた適切な許容範囲（上下限値）の設定を行うことができる。また、大気圧PAに応じて上下限値KOB SVLMH、KOB SVLMLのガード値KOB SLMHD、KOB SLMLDを設定するようにしたので、エンジン1が搭載された車両

が走行する高度に応じて適切な上下限値の設定を行うことができる。その結果、推定した気筒別空燃比の精度に影響を与える排気流速の変化が考慮され、推定精度が低下する傾向のある回転変動量の増加時や高地において、許容範囲を狭くすることにより、安定した制御を維持することができる。

【0090】本実施形態では、図11のステップS271が気筒別空燃比推定手段に相当し、気筒別補正係数KOB SV #Nが気筒別空燃比制御量に相当し、図11のステップS272、S277が気筒別空燃比制御手段に相当し、同図のステップS278、S279、S281、S283並びに図10及び図13の処理がリミット処理手段に相当する。

【0091】なお、本発明は上述した実施形態に限るものではなく、例えば上下限値KOB SVLMH、KOB SVLMLのガード値KOB SLMHD、KOB SLMLDは固定値としてもよく、あるいは回転変動量MEMFに応じた上下限値KOB SVLMH、KOB SVLMLで決まる許容範囲の拡大処理（ステップS247～S254）を行わずに、上下限値KOB SVLMH、KOB SVLMLそのものを、大気圧PAに応じて図15（b）に示す傾向と同様に設定するようにしてもよい。

【0092】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、空燃比検出手段の出力に基づいて各気筒の空燃比が推定され、該推定された各気筒の空燃比を目標値に収束させるように各気筒に供給する混合気の実燃比をフィードバック制御するための気筒別空燃比制御量が算出され、その空燃比制御量は、機関の回転変動量及び大気圧の少なくとも一方に応じて設定される上下限値で決まる許容範囲内に入るように処理されるので、気筒別空燃比の推定精度に応じた適切な上下限値の設定を行うことができ、良好な制御性能を維持することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態にかかる内燃機関及びその空燃比制御装置の構成を示す図である。

【図2】本実施形態における空燃比制御手法を説明するための機能ブロック図である。

【図3】LAFセンサ出力に基づいて空燃比補正係数を算出する処理のフローチャートである。

【図4】LAFフィードバック領域判別処理のフローチャートである。

【図5】内燃機関の排気系の挙動を示すモデルのブロック図である。

【図6】本実施形態におけるオブザーバの構成を示すブロック図である。

【図7】LAFセンサの応答遅れ時定数（DL）を設定するためのテーブルを示す図である。

【図8】気筒別空燃比フィードバック制御を説明するためのブロック図である。

【図 9】 気筒別補正係数 (KOBSV#N) を算出するメインルーチンのフローチャートである。

【図 10】 気筒別補正係数の上下限値を決定する処理のフローチャートである。

【図 11】 気筒別補正係数を算出するサブルーチンのフローチャートである。

【図 12】 気筒別補正係数の学習値を算出する処理のフローチャートである。

【図 13】 図 10 の処理で使用するガード値を算出する処理のフローチャートである。

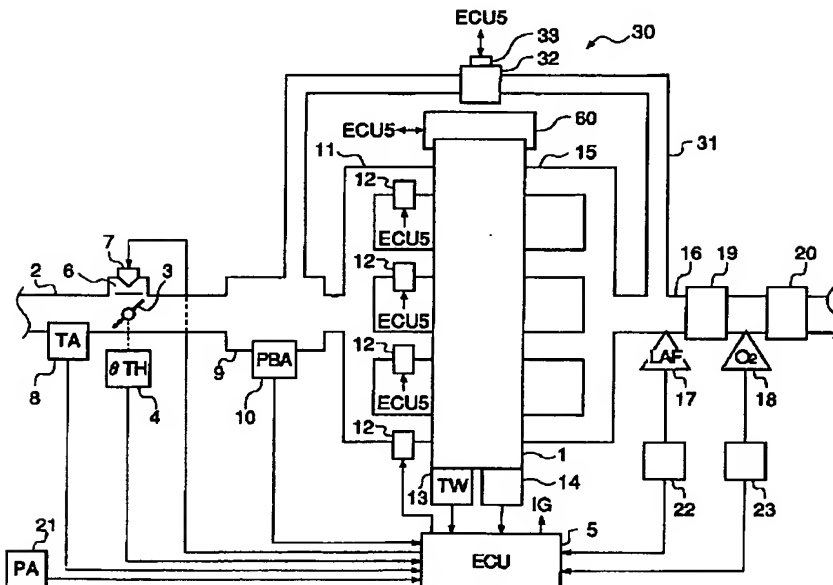
【図 14】 気筒別空燃比フィードバック制御を実行する運転領域を示す図である。

【図 15】 図 10 または図 13 の処理で使用するテーブルを示す図である。

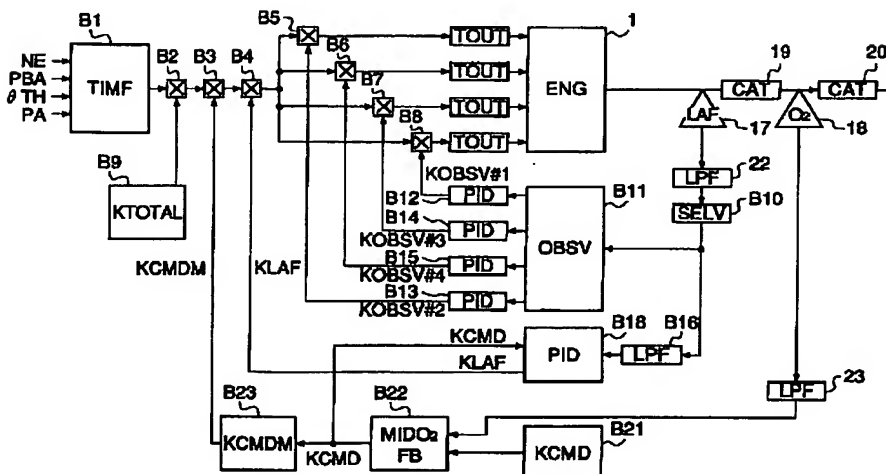
【符号の説明】

- 1 内燃機関 (本体)
- 2 吸気管
- 5 電子コントロールユニット (ECU) (気筒別空燃比推定手段、気筒別空燃比制御手段、リミット処理手段)
- 12 燃料噴射弁
- 16 排気管
- 17 広域空燃比センサ (空燃比検出手段)

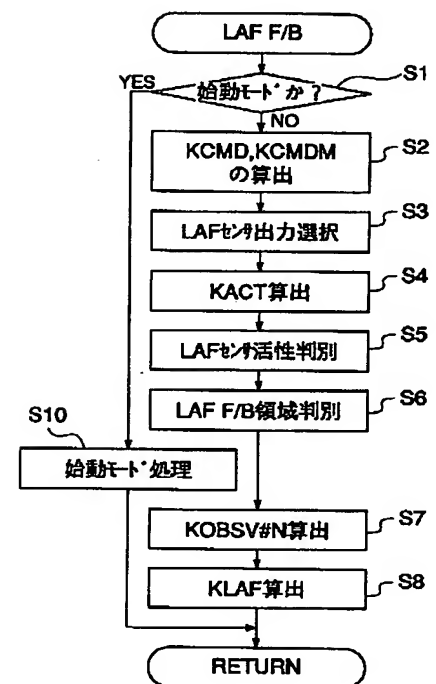
【図 1】



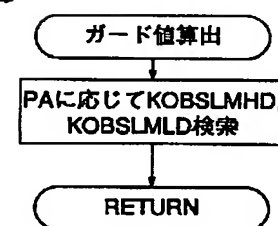
【図 2】



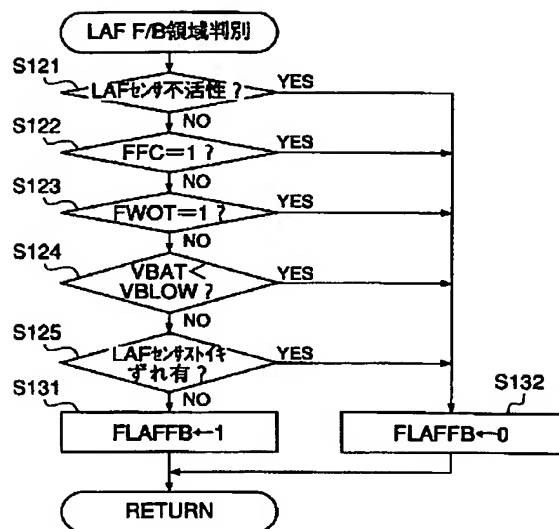
【図 3】



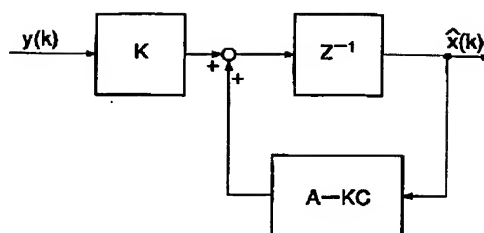
【図 13】



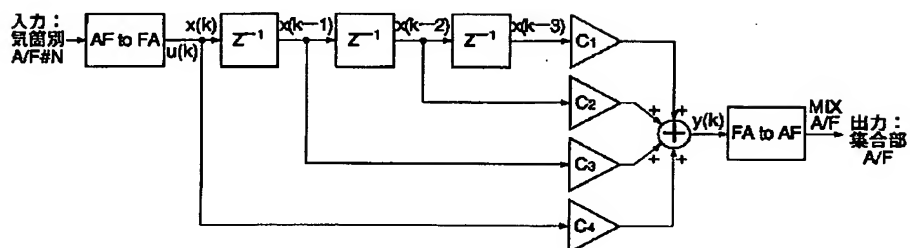
【図4】



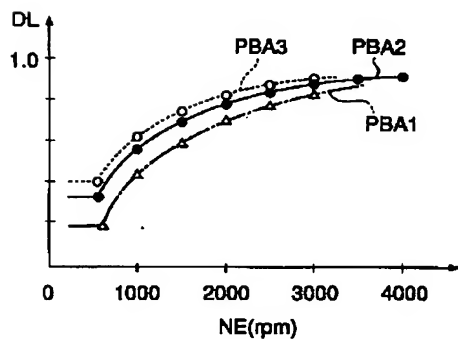
【図6】



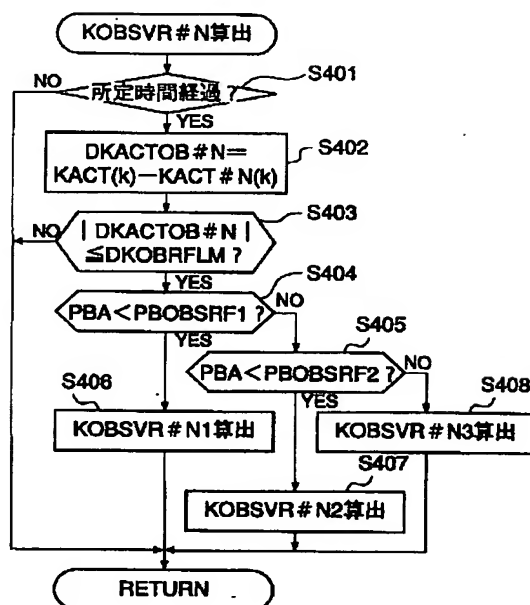
【図5】



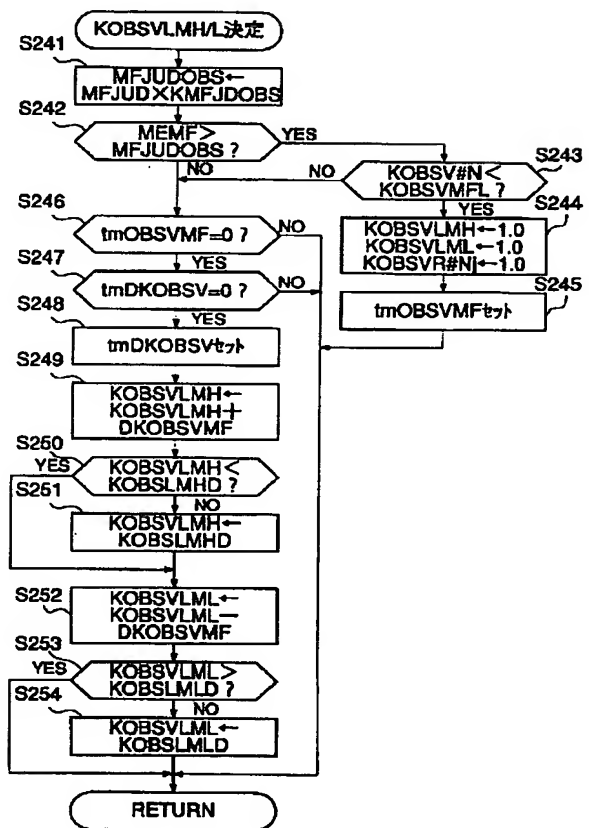
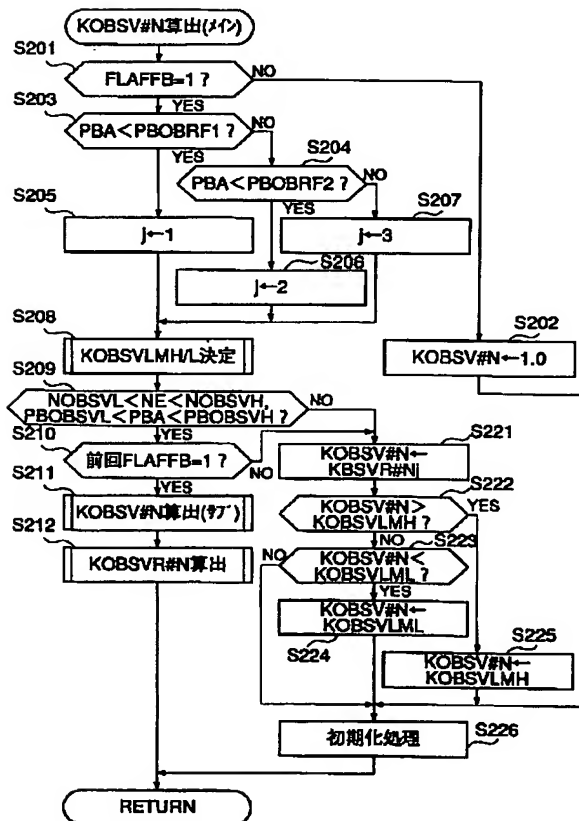
【図7】



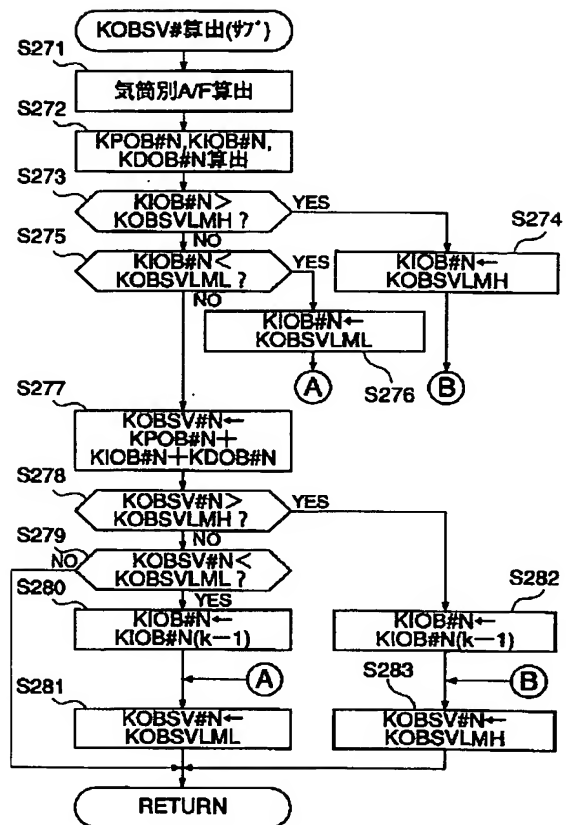
【図12】



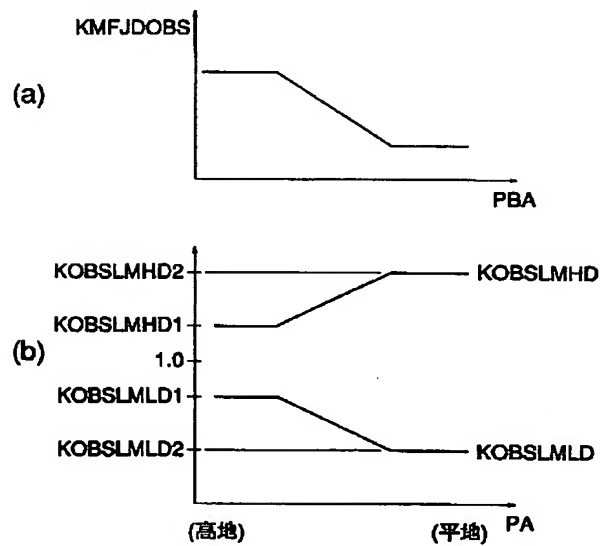
【図 10】



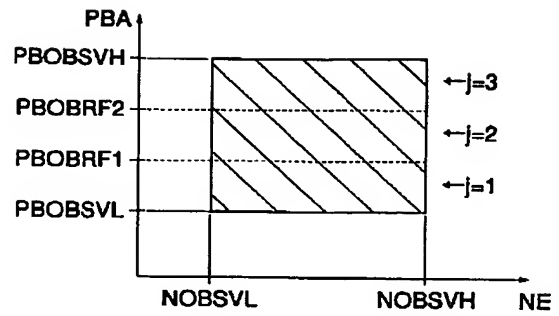
【図11】



【図15】



【図14】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 平 6 -17680 ( J P , A )  
特開 平 6 -137200 ( J P , A )  
特開 昭59-43942 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)  
F02D 41/14 310  
F02D 41/34